Digitized by Google

FONDO PROVINCIA

NAZIONALE
BIBLIOTECA
B. Prov.
Miscellanea
C
79
524
VITTORIO EM. III
NAPOLI

BIBLIOTECA PROVINCIALE
mis. C. 79, 524
Armadio
Palchetto
Num.° d' ordine 54

COURS SPÉCIAL

D'ARCHITECTURE.

Digitized by Google

Digitized by Google

COURS SPÉCIAL
D'ARCHITECTURE,

OU

LEÇONS PARTICULIÈRES

DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE,

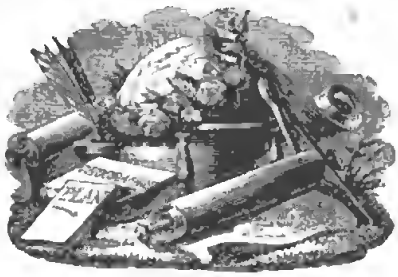
COMPRENANT

LES ÉLÉMENTS DE GÉOMÉTRIE, STÉRÉOTOMIE, ETC., ETC.

OUVRAGE APPLICABLE A LA CONSTRUCTION.

Par C. PROTOT,

DÉMONSTRATEUR DE TRAIT.



Troyes,

IMPRIMERIE DE L.-C. CARDON.

1838.

Digitized by Google

AVIS.

Depuis près de vingt ans d'application et de démonstration de la science de l'art du Trait, je me suis convaincu de la nécessité d'y joindre les principes de géométrie, qui sont indispensables dans toutes les sciences, et particulièrement à l'art de bâtir; j'ai divisé la géométrie en deux parties : la première à la connaissance des lignes et surfaces, et la deuxième à celle des solides, de leurs différentes sections et développements; cette dernière est subdivisée par des réunions et pénétrations de différents solides qui peuvent varier depuis zéro jusqu'à l'infini; mais je me suis arrêté à ceux qui m'ont paru indispensables. Cependant, le plan de cet ouvrage est de présenter toutes les difficultés qu'on peut rencontrer en construction, par la mise en œuvre des différents matériaux qui la composent, et la faculté de lever toutes ces difficultés, tant pour le tracé des épures, que pour l'arrangement et l'économie qui peut s'entendre dans celle du temps et des matériaux.

La science de tracer et couper les solides pour être employés en construction, est connue sous le nom de l'art du trait; mais pour mettre en rapport direct l'art du trait avec la géométrie, il existait une lacune qu'il fallait remplir; car il semblait que la géométrie ne devait comprendre que le tracé et la mesure des surfaces, et que cette science ne devait être pratiquée que par des géomètres ou toiseurs; que l'art du trait ne devait être pratiqué que par les tailleurs de pierre, charpentiers et menuisiers en bâtiment, qui ne comprenaient même pas comment les figures de géométrie étaient contenues dans le tracé de leurs épures; il fallait donc les persuader en employant les termes applicables aux solides; c'est cette science que nous nommons stéréotomie, qui signifie section des solides; mais il faut, pour bien comprendre ces solides et les noms qu'ils occupent dans les sciences, en avoir la figure et connaître les propriétés; mais comme la classe des solides est très-multipliée, nous nous arrêterons à reconnaître cinq corps réguliers, qui sont le prisme, la pyramide, le cylindre, le cône et la sphère; tous autres corps irréguliers sont assujettis ou affectés à ces formes, en tout ou en partie, d'où viennent les noms de prismatique, pyramidale, cylindroïde, cônoïde et sphéroïde. En construction, un bloc de pierre, une pièce de bois, etc., doivent être dénommés par leurs formes; de même un bâtiment élevé sur un plan carré présente jusqu'à son comble un prisme quadrangulaire, qu'on distingue de celui élevé sur un parallélogramme rectangle par le nom de parallélipipède; le toit qui se

réunit à un point commun à ses côtés, et connu sous le nom de pavillon, est une pyramide quadrangulaire; l'endroit où passe une cheminée pénètre la pyramide par un prisme quadrangulaire; si la cheminée est un cylindre, c'est une pénétration cylindrique; s'il y a une lucarne, le comble de lucarne et son ouverture forment un prisme pentagonal irrégulier; enfin, les fenêtres, les différentes ouvertures de portes, carrées, circulaires, droites, obliques, de pente, etc., etc., sont autant de pénétrations; les sections sont autant multipliées que les pénétrations.

Exemple : le comble d'un bâtiment qui aurait une croupe, est un prisme triangulaire tronqué obliquement, dans une coupole, une lunette où on doit tirer des jours, est en même temps une section et une pénétration; enfin, les exemples sont très-nombreux; il suffira de dire qu'il faut examiner scrupuleusement ces sections et pénétrations, et se familiariser au jeu ou mécanisme des lignes.

Ces leçons, d'abord ignorées par les ouvriers, puis vues avec indifférence, me sont redemandées par ceux qui ont bien voulu m'honorer de leur confiance, car depuis quinze ans que je les ai ajoutées aux leçons de trait, beaucoup sont revenus exprès me prier de vouloir bien les leur démontrer, m'assurant qu'elles n'étaient enseignées nulle part, et qu'ils étaient convaincus de la nécessité de les savoir; c'est ce qui m'a décidé à rendre ces leçons publiques.

Ce n'est pas que j'aspire à la célébrité, car je n'ai

rien inventé de cette science, les Philibert de Lorme, les Mathurin, Jousse, les Rondelet, Fourneau, Simonin, Dérant, et tant d'autres ont excellé dans l'art du trait; mais il n'y eut que messieurs Rondelet et Fourneau qui donnèrent quelques notions de stéréotomie, leurs ouvrages, et surtout celui de M. Rondelet, par la richesse des gravures et la multitude de planches, enrichi d'ailleurs d'un texte recherché, ne se trouvant pas à la portée des ouvriers, est ignoré de la plupart; les autres ont vieilli ou ne sont plus, c'est sur leurs cendres presque éteintes qu'on doit rallumer le flambeau qui doit guider les ouvriers dans la carrière de la construction; et pour faciliter leur intelligence sans les rebuter, j'ai employé des expressions communes et des moyens d'abréviation qui n'étaient pas mis en usage; j'ai joint aux termes techniques les termes ouvriers.

De plus on pourra, en découpant les développements, les plier sur leurs lignes et les réunir, ils présenteront le solide dans la forme cubique.

Une deuxième et troisième parties, qui feront suite au présent volume, traiteront plus amplement des coupes de bois, charpenterie, menuiserie et coupes de pierre.

STÉRÉOTOMIE,

OU

ART DU TRAIT.

SECTION PREMIÈRE.

DES PRINCIPES DE GÉOMÉTRIE.

La Géométrie est une science indispensable : aussi est-il démontré que toute chose est soumise à ses règles. Le mot géométrie, dans son sens littéral, signifie la mesure des surfaces; mais, pour opérer, il faut des points, des lignes droites, courbes, sinueuses, mixtes, etc.

La ligne droite est la plus courte pour se diriger vers un même but, *fig.* 1re, *pl.* Ire. On considère le changement d'un point d'un endroit à l'autre.

La ligne courbe, *fig.* 2, est une partie de cercle; on doit considérer cette ligne comme étant formée par un centre commun à toutes ses parties.

La figure 3 sont deux lignes droites parallèles. Pour les tracer parallèlement, on tire d'abord une droite vers l'extrémité de laquelle on pose la pointe d'un compas, ou tout autre instrument devant en tenir lieu; on décrit deux parties du cercle, *a* et *b*, et du point de sommité de ces parties de cercle ou bombement des arcs, on tire une

deuxième ligne qui est parallèle ; on conçoit que deux parallèles ne peuvent se rencontrer dans aucun point, telle soit leur prolongation.

La figure 4 sont deux courbes parallèles : le centre est commun aux deux courbes.

La figure 5 sont des divergentes ; on appelle ainsi deux lignes qui, sortant d'un même point, s'éloignent en se prolongeant.

La figure 6 est une courbe formée sans centre. On prouve par cette figure que le cercle est composé d'une multitude de petits polygones ou côtés ; cette opération se fait en élevant une perpendiculaire sur une horisontale. Fixez l'extrémité de la courbure sur l'horisontale ou corde au point *a*, *b* ; fixez également la longueur de la flèche au point *c* ; tirez deux lignes obliques de *a* en *c* ; divisez la flèche en quatre parties ; divisez les deux obliques en deux parties égales sur le centre de chacune ; élevez une petite perpendiculaire sur cette perpendiculaire ; mettez une quatrième partie de la division de la flèche sur la petite perpendiculaire aux points *d'*, *d'* de ces points ; tirez quatre petits obliques de *d* en *c*, de *d* en *e*, de *a* en *d* et de *b* en *d* ; divisez ces quatre obliques en deux parties égales ; élevez de ces points quatre perpendicules ; prenez le quart de la flèche que vous diviserez en quatre parties ; mettez-en une partie sur les perpendicules, et vous menerez huit lignes obliques qui vous feront concevoir que cette partie est divisée en huit, qui se rangent circulairement entre elles. Pour vérifier l'opération, faites sur deux des côtés opposés une opération semblable à la figure 7 ; vous prolongerez son intersection, et où elles se rencontreront, elle formera le centre E ;

on posera le compas sur ce centre E, et on l'ouvrira sur *a* et *b*; alors on le fera mouvoir en passant en *c*, et il touchera les points des huit derniers perpendicules.

La figure 8 est un cercle, et les lignes qui y ont rapport; la ligne circulaire, qui forme le cercle, est sa circonférence; la ligne qui coupe une partie du cercle *a*, *b*, est une corde ou sous-tendante; celle passant par le centre *e* est la ligne diamétrale ou diamètre; celle qui, sortant du centre *c*, se prolonge jusqu'à la circonférence, est un rayon; celle qui coupe le cercle en se prolongeant est une sécante; celle qui touche le cercle en un point de sa circonférence, est une tangente.

La figure 9 sont des cercles concentriques, parce qu'ils ont un centre commun.

La figure 10 sont des cercles excentriques, qui ont des centres particuliers.

La figure 11 est une ligne croisée par une autre ligne à angle droit; on opère en tirant d'abord une ligne sur les points *a* et *b*; de cette ligne fixez des points; de ces points, ouvrez le compas, ou ce qui le représente, et faites-le mouvoir à droite et à gauche de *c* en *d*, et des points d'intersection, menez la ligne *c*, *d*. Cette opération est très-utile et très-simple : elle remplace les équerres et niveaux, et on obtient plus de justesse pour l'équerre. Faites l'opération sur une surface horizontale : telle serait un plancher ou solivage, etc.; et pour le niveau, sur une surface verticale, tels que mur, pan de bois, etc. En commençant par plomber une ligne dans sa hauteur, on croise cette ligne à angle droit par une autre ligne prolongée : cette dernière est le niveau.

La figure 12 est ce qu'on appelle un trait carré; c'est

élever une perpendiculaire sur un point donné. Tirez une ligne; fixez un point; de ce point, avec un espace semblable, faites les sections *a, b;* sur la ligne de ces points, avec une longueur plus grande que les intervalles qui séparent le centre en deux points, et de ces points, formez, vers le centre, mais plus élevé, les intersections *c*, et du centre élevé la perpendiculaire.

La figure 13 est ce que les ouvriers appellent un trait carré sur l'extrémité d'une ligne; tirez la ligne *b, c;* fixez en *a* le point à élever; posez le compas dans un espace pris arbitrairement en *a;* ouvrez le compas de *a* en *c;* décrivez la partie du cercle *b, c, d* indéfinie; cette partie de cercle coupera la ligne au point *b* de cette intersection; menez une ligne de *b* en *a*, comme centre de la partie de cercle; prolongez cette ligne jusqu'à ce qu'elle coupe la courbe en deux; de cette intersection et du point *c*, c'est la perpendiculaire demandée.

La figure 14 est une autre manière d'opérer. Tirez la ligne *a, b;* fixez le point *a* et *b*, (ce dernier étant la ligne à élever) de l'ouverture *a, b;* décrivez les deux parties courbes qui se croisent au point *c;* de ce point doublez l'ouverture du compas que vous ferez mouvoir vers le point *d;* ensuite tirez la ligne droite *a, b;* prolongez en *d*, qui croisera avec la partie courbe, et qui formera le point *d* de ce point et du point *b* : c'est la perpendiculaire demandée.

La figure 15 est encore une autre manière d'opérer. Tirez la ligne *a, b;* marquez le point *a* et *b* de l'intervalle d'entre eux; décrivez deux parties de cercle, qui se rencontreront en *c;* de ce point, sans changer l'ouverture du compas, décrivez la partie de cercle *a, f,* E indéfinie. Sur

cette partie de cercle, et à partir du point *a*, avec la même ouverture de compas, portez trois fois la même ouverture, qui vous donneront les points *f*, E et *d* de ce dernier au point *b* : c'est la perpendiculaire demandée.

La figure 16 est encore une autre manière d'opérer. Tirez la ligne *a*, *b*, que vous diviserez en cinq parties égales; prenez quatre de ces parties, portez-les du point *b* vers le point *c* indéfini; prenez ensuite une longueur de cinq parties; vous poserez la pointe du compas sur la troisième division, en sectionnant vers la partie circulaire, qui se dirige en *c*; cette longueur de cinq parties formera le point *c* de ce point au point *b* : c'est la perpendiculaire demandée; ou si on veut porter trois parties vers le point *c*, on le mettra sur la quatrième division, et le résultat sera le même.

La figure 17 est encore une manière d'élever une perpendiculaire. Sur l'extrémité d'une ligne, l'opération se fait par 90 degrés. Il est peu d'ouvriers qui savent ce que c'est que des degrés; c'est pour eux que je me permets d'en faire une petite description. Les anciens géomètres ont divisé le cercle en 360 parties ou degrés; ce nombre 360 ne fut pas fixé par l'effet du caprice : il répondait aux 360 jours lunaires.

Ce nombre fut employé en géométrie pour diviser le cercle, et cette division se fait de la manière suivante :

Le rayon qui décrit la circonférence du cercle est toujours compris six fois dans cette circonférence; si on disait 360, divisé par 6, on aurait 60, dont le rayon *a*, *b*, *fig.* 17, qui a donné les parties de cercle *c*, *d*, qui, se rencontrant en *e*, forment trois intervalles égaux, et qui soutendent à 60 degrés. Si vous divisez en prolongeant

les courbes jusqu'en *d*, et que de ce point et de celui qui est le centre en *b*, vous meniez une diagonale, elle coupera la partie du cercle en *f*, qui divisera l'intervalle *a*, *e* en deux parties égales, qui auront chacune 30 degrés, et l'une d'elle sera une douzième partie du cercle. Si vous preniez cette douzième partie de cercle *a*, *f*, qui est 30 degrés, et que vous l'ajoutiez à la sixième partie *a*, *e* de *e* en *c*, vous auriez alors 90 degrés, puisque la douzième partie du cercle est 30, le sixième est 60, ensemble 90. Si 90 degrés sont le quart du cercle, il en résulte une perpendiculaire.

Des surfaces triangulaires (pl. II).

Toute surface est comprise entre des lignes.

Deux lignes droites ne forment pas une surface.

Trois lignes forment des triangles.

On considère les triangles par rapport à leurs angles et par rapport à leurs côtés : un triangle est toujours la moitié d'un parallélogramme.

Le triangle équilatéral, *fig.* 1re. *pl.* II, ne peut avoir moins de 60 degrés d'obliquité sous chaque angle, moins de trois côtés égaux et trois angles aigus. Il est rectiligne quand il est composé de lignes droites; il est mixtiligne quand il est formé de droites et courbes; il est curviligne quand il est composé de trois lignes courbes.

Un triangle est isocèle, *fig.* 2, quand il a deux côtés égaux; il est oxigone ou acqutangle quand il a les trois angles plus fermés que 90 degrés.

La figure 3 est encore un isocèle; mais il est embligone ou obtusangle, parce qu'il a un angle plus ouvert que 90 degrés.

La figure 4 est un triangle rectangle symétrique, parce qu'il a deux côtés égaux et un angle de 90 degrés; il est considéré comme la moitié d'un carré qu'on aurait coupé d'un angle à l'autre : cette diagonale s'appelle hipoténuse. Tout triangle est rectangle quand il a un angle do 90 degrés; il y a des triangles rectangles scalènes qui ont les trois côtés inégaux; on doit les considérer comme la moitié d'un parallélogramme rectangle coupé sur sa diagonale.

Un triangle scalène est oxigone quand il a ses trois côtés inégaux et ses trois angles aigus, *fig.* 5.

Il est scalène embligone quand il a un angle obtus, *fig.* 6.

Une rhombe ou lozange, *fig.* 7, est formé par deux triangles équilatéraux qui, coupés d'un angle à l'autre, donnent quatre triangles rectangles; c'est sur ces triangles qu'on obtient la mesure de la surface.

La figure 8 est une rhomboïde, la figure 9 est un trapézoïde, la figure 10 est un carré ou quadrilatère, la figure 11 est un parallélogramme rectangle, la figure 12 est un trapèze; 13 et 14 sont des parallélogrammes irréguliers dont on donnera une plus ample explication à la levée des plans et au tracé des épures qui se trouvent à la fin de cet ouvrage.

La figure 15 est une combinaison d'angles par des parties de cercles et dont on a formé un équerre à anglet. Nous parlerons dans la suite des propriétés des angles produits par des parties de cercles.

Des Poligones, (pl. III).

La figure Ire est nn pentagone ou figure à cinq côtés; pour en faire la division, on décrit le cercle ponctué qu'on traverse à angle droit par deux diagonales; on divise le

rayon de l'une d'elles au point *a*, on pose une pointe du compas sur ce point, et l'autre sur la perpendiculaire, et touchant la circonférence *b*, on décrit en faisant mouvoir la pointe qui est en *b*, sur la diamétrale au point *c* de ce point avec *b*, l'intervalle est une cinquième partie du cercle; on tire ensuite de ces points des droites, et on a le pentagone régulier.

La figure 2 est un exagone, cette figure se fait en décrivant un cercle, et du rayon qui a décrit ce cercle, mettez six fois cet intervalle, vous aurez six points également éloignés; de ces points menez des droites, et vous aurez l'exagone.

La figure 3 est un eptagone; pour l'obtenir, fermez le compas une sixième partie du rayon et mettez cet intervalle sur le cercle.

La figure 4 est un octogone; pour l'obtenir, on trace un cercle qu'on coupe à angle droit par deux diamétrales, ensuite on divise les intervalles de chaque quart de cercle en deux parties égales et on mène des droites. Toutes ces figures sont inscrites au cercle, c'est-à-dire en dedans du cercle.

Mais la figure 5 est un octogone circonscrit, c'est-à-dire hors du cercle; nous supposons qu'on soit dans la nécessité de faire un cylindre ou fût de colonne, on prend un bloc de pierre ou pièce de bois qu'on dresse à l'équerre le plus exactement possible, alors on tire des lignes au milieu sur toutes les faces, puis on divise la partie qu'il y a du milieu au dehors en cinq parties ou intervalles; on met deux de ces parties de chaque côté des lignes milieu, et on mène huit autres lignes parallèles, puis on

enlève avec l'outil d'une ligne à l'autre les parties qui forment les quatre angles du solide, alors il a huit pans égaux entre eux.

On obtient un octogone circonscrit, en croisant deux lignes à angle droit : décrivez un cercle, tracez au tour du cercle un carré dont les faces ou pans soient parallèles aux lignes qui passent par le centre; on mène des angles du cercle, des diagonales qui se croisent à angles droits au centre, ensuite on prend dans un des angles l'intervalle qu'il y a entre l'angle et le cercle; portez cet intervalle de chaque côté de la ligne milieu, puis on tire des droites ou on abat les angles, et on obtient l'octogone circonscrit.

La figure 6 est un exagone inscrit.

La figure 7 est un triangle divisé en quatre parties égales en superficie; sur l'un des côtés on cherche le milieu; on décrit un demi-cercle, ensuite on divise ce côté en autant de parties que l'on juge nécessaire; ici on l'a divisé en quatre parties, tels sont les intervalles entre les petites lignes droites ponctuées; on apporte la pointe du compas sur l'extrémité de la ligne ou côté du triangle, et l'ayant ouvert sur le cercle à l'extrémité de la première petite ligne ponctuée, on décrit la petite courbe; puis on l'ouvre sur la deuxième, et on décrit la courbe; puis on l'ouvre sur la troisième, et on décrit la troisième courbe; ces courbes donnent trois points différents d'espace entre eux; on mène des parallèles au côté du triangle, et on a des bandes dont chacune est égale en superficie.

Les figures 8 et 9 sont des pentagones irréguliers; nous en parlerons aux solides, ne présentant pour le tracé que ce que la nécessité exige.

La figure 11 est un triangle rectangle; cette figure est

pour donner une idée du carré de l'hypoténuse et de la racine carrée qui lui est propre ; cette démonstration est très-utile aux ouvriers et plus particulièrement aux charpentiers à cause de la quantité de pièces disposées obliquement qui entrent dans la construction ; l'hypothénuse d'un triangle rectangle est le grand côté ; si on divise le grand côté en un nombre, ici il est de 5 multiplié sur lui-même, produit le nombre 25 ; (si le grand est connu), 3 de ces mêmes parties se trouvent sur le petit côté du triangle; les 3 multipliés par eux produisent 9, l'autre côté contient 4 de ces mêmes parties mulpliées sur elles, produisent 16 ajoutés à 9 donnent 25 ; donc ceci prouve que le carré de l'hypoténuse est dans tous les triangles rectangles égal aux deux autres côtés ; mais pour savoir de quelle utilité il peut être dans la construction, et à quoi on doit l'appliquer, il suffira de dire si c'est en charpente, par exemple, pour connaître la longueur d'une pièce oblique, soit arrêtier, soit arbalètrier, etc.

Si l'éloignement qu'il y a du pied du poinçon au bout de l'arrêtier est de 4 mètres, et que la hauteur de l'aiguille ou poinçon soit de 9 mètres, on dira :

$$4 \times = 16 + 3 \times = 9 = 25$$

ou 4 multiplié par 4 donnent. 16

3 multiplié par 3 donnent. 9

ensemble. 25

Si on extrait la racine carrée de 25 qui est 5, on sera sûre que l'arbalètrier doit avoir 5 mètres de longueur ; il en est de même pour mesurer le toit ou couverture d'un comble connaissant la moitié de la base du comble et la

hauteur, calculer la hauteur sur elle-même, c'est-à-dire, par exemple, la hauteur serait de 6 mètres,

on dira, 6 fois 6 font 36, ou $6 \times = 36$

la moitié de la base qui serait de 8 mètres,

8 fois 8 font 64 ou $8 \times = 64$

on réunit les deux sommes ensemble 36

et. 64

ensemble. 100

La racine carrée de 100 est 10, donc les chevrons auraient 10 mètres de longueur.

En maçonnerie, pour trouver un angle coupé de telle quantité qu'il faudrait, par exemple.

Soit proposé de couper l'angle d'un plan pour établir une porte sur l'angle considéré comme le grand côté du triangle; on prendrait 9 pieds, mesure ancienne, ou 3 mètres sur 8 pieds de l'autre côté, ou 2 m. 66, on demande combien l'angle aura de longueur quand on aura coupé ou détruit ces deux sommes; on calculera les 9 pieds sur eux, et on dira 9 fois 9 font. . 81

Puis on dira 8 fois 8 font 64. 64

ensemble. 145

La racine carrée sera de 12 pour 144, donc l'angle sera de 12 pieds ou 4 mètres (1).

---

(1) Je me sers de cette expression de pieds, que j'entends par un tiers de mètre, vu que les ouvriers ont toujours l'habitude de mesurer de cette manière.

De la Cycloïde et des propriétés du cercle.

La figure 1re de la planche IV est une courbure engendrée par un cercle, qui, par son extension, décrirait cette courbe : elle est connue en géométrie sous le nom de cycloïde (1); c'est, en coupe de pierre, le cintre qui convient à une voûte qui a 22 mètres de longueur sur 7 mètres de hauteur, elle indique ce qu'on doit entendre par la raison de 7 à 22; c'est que le diamètre d'un cercle étant divisé en 7 parties égales, il s'en trouve 22 sur la circonférence. Mais il existe entre elles de petits ares qui, s'ils étaient droits, augmenteraient l'extension; voilà pourquoi on n'a pas défini la quadrature du cercle. Cependant dans les arts, et surtout en construction, on se sert toujours de ce moyen pour toiser les surfaces des cercles; mais ces moyens ne sont pas à la portée de tous les ouvriers, qui, la plupart, n'ont que de simples notions d'arithmétique. Pour leur faire comprendre comment on doit mesurer un cercle, il ne s'agit que de mesurer la moitié de la circonférence, en formant onze divisions qui tendent toutes au centre, et qui sont autant de rayons, *fig.* 3; ces divisions étant étendues sur une ligne droite, *fig.* 2, ont formé entre elles onze triangles ou lignes. Si on remplit les intervalles de ces onze triangles par onze autres triangles de même dimension, on aura vingt-deux triangles; car on doit observer que les triangles ponctués sont deux demi-largeurs, et qu'ils

(1) Nous donnerons une plus ample explication de cette courbe à l'article *Coupe de pierres.*

présentent vingt-deux triangles au total : ces triangles rassemblés forment un parallélogramme rectangle ; par exemple, 11 mètres sur 3 m 50, ensemble 38 m. 50, qui seraient le produit de la superficie du cercle. Mais il est rare qu'on ait des nombres sans fraction ; alors on les divise par partie de 7 à 22, et on obtient le même résultat. Ainsi, on doit comprendre que c'est la moitié de circonférence 11, par la moitié du diamètre 3 1/2, qui doit donner solution pour avoir juste l'extension du cercle. M. Fourneau nous donne, comme sa propriété, la formule, *fig.* 24.

On tire une ligne, qu'on croise à angle droit par une autre ligne ; sur l'intersection de ces lignes on décrit un cercle ; ensuite, on met deux fois l'ouverture du compas du centre du cercle, sur la ligne perpendiculaire, et on fixe un point ; on mène de ce point une parallèle à l'horizontale, qui est A, B ; on pose la pointe du compas sur la ligne perpendiculaire et sur la ligne *a*, *b* ; on l'ouvre au centre du cercle ; on décrit le demi-cercle jusqu'en *a*, *b* : ce demi-cercle coupe le cercle dans deux points ; de ces points on tire les lignes prolongées de *a* en *e*, et de *b* en *f*. Quand ces lignes touchent la ligne horizontale, on pose le compas de E en A, et on décrit la partie de cercle A, C ; on rapporte la même ouverture de F en B, et on décrit la courbe B, D, ce qui donne la longueur de la circonférence du cercle de *c* en *d*. Il faut remarquer que la circonférence du cercle est comprise dans le demi-cercle, comme dans la ligne droite.

SECTION II.

DES SOLIDES.

Des Polyèdres.

Les polyèdres sont des solides qui relèvent de la sphère : ils ne sont pas compris dans les solides réguliers; néanmoins ils peuvent être considérés comme prismatiques et pyramidales.

La figure 5 est un tétraèdre. La figure 6 est son développement : il ne s'agit que de décrire un triangle équilatéral; de ce triangle en faire trois plus petits, comme l'indique la figure; découper le plein sur le triangle qui est au milieu; réunir les trois autres angles, et on aura une petite pyramide qui présentera quatre triangles équilatéraux.

La figure 7 est un dé ou exaèdre, figuré de six côtés, qui forment six carrés réguliers.

La figure 8 est le développement : il s'agit de découper, plier et réunir, et on aura l'exaèdre, qui aura la forme d'un dé.

La figure 9 est un octaèdre ou figure à huit côtés, qui sont huit triangles équilatéraux.

La figure 10 est le développement : découpez, pliez et réunissez, et vous aurez l'octaèdre.

La figure 11 est un dodécaèdre, ou figure à douze côtés, qui sont douze pentagones réguliers.

La figure 12 est le développement; découpez, pliez et réunissez, et vous aurez le dodécaèdre.

La figure 13 est un icosaèdre, ou figure à vingt côtés, qui sont vingt triangles équilatéraux : il s'agit de voir le développement, *fig.* 14, et on aura l'icosaèdre.

Des Solides réguliers (pl. V).

Nous avons dit, dans notre Avis au Lecteur, qu'on reconnaissait dans les solides cinq corps réguliers, qui sont le prisme, la pyramide, le cylindre, le cône et la sphère.

Le prisme est un solide formé par des parallèles sur toutes surfaces polygonales.

La figure 1re est un prisme pentagonal.

Une pyramide est un solide qui s'élève sur toutes surfaces polygonales, et se termine en pointe comme la figure 2.

Un cylindre a pour base un cercle, et s'élève entre des parallèles : telle est la figure 3.

Un cône a pour base un cercle et se termine en pointe ; telle est la figure 4.

Une sphère est un solide, dont la base est un cercle semblable à sa hauteur : telle est la figure 5.

Mais ces solides sont susceptibles d'éprouver bien des changements de formes, d'attitude, de section, de pénétration, etc. Nous allons donner une idée exacte des difficultés qu'ils peuvent présenter par leurs changements.

Sections des Solides.

La figure 6 est un prisme triangulaire équilatéral ; d'abord on a tracé la projection horizontale, qui est un triangle équilatéral ; ensuite on a élevé au-dessus le prisme qu'on a tronqué obliquement ; la section oblique ayant changé la forme du plan, on a tracé la figure 7 en prenant

la longueur de la ligne oblique du prisme, qui forme la section *a*, *b*, *c*, qu'on a mis sur la ligne *a*, *b*. On a, sur le milieu de cette ligne, élevé la perpendiculaire ponctuée; ensuite on a pris sur le plan A la longueur de la ligne ponctuée de *c* en *e*, et on l'a rapporté sur la figure 7, de *e* pour avoir *c* sur la perpendiculaire; de ce point, on a mené les droites *a*, *e* et *b*, *e*, ce qui nous donne la forme que présente la section par rapport à son obliquité.

Le développement se fait en prolongeant la ligne qui sert de base au prisme, et sur cette ligne on a pris la longueur de *c* en *b*, qu'on a portée sur la ligne du prisme en *c*; puis on a pris de *a* en *c*, qu'on a rapporté de *c* en *a* sur les lignes de développement, et on a élevé des droites jusqu'alors indéfinies; ensuite on a mené du point *a* la ligne ponctuée *a*, *a*; ensuite, toujours sur la section au point *c*, la ligne ponctuée *c*; et des points *b*, *c*, *a*, on a mené la ligne de pente qui donne la forme de chaque pan. Il s'agit d'examiner avec attention le rapport que peut avoir cette pièce, et on aura la facilité de lever les difficultés qu'elle pourrait présenter.

La figure 8 est un prisme quadrangulaire, tronqué obliquement. Le parallélogramme A est la projection ou premier plan. La face du prisme *c* est la projection verticale ou élévation géométrale. Les pans B, D, E sont le développement.

La figure 9 est la forme du parallélogramme, ralongée à cause de l'obliquité de la section. Si on découpait les contours du développement sur les lignes pleines, on aurait le solide tel qu'il doit exister, et les lettres ou cottes seraient en rapport.

La figure 10 est un prisme pentagonal, tronqué en

partie obliquement; on a tracé la projection ou plan A; on a élevé des incidentes qui expriment les angles et les côtés au plan géométral; ensuite on a coupé obliquement le prisme dans la direction de B, C : cette section a coupé les angles D, E au point F; ensuite, pour présenter la forme que donne l'obliquité, on a tiré des petites lignes à angles droits sur les points B et F : ces lignes jusqu'alors indéfinies, on a pris sur le plan A les longueurs où les lettres sont répétées; de la ligne milieu à chaque point D et E, on a porté les longueurs sur la ligne qui croise la ligne oblique de F en E et de F en D; on a fait la même opération sur la ligne B retournée à angle droit, en venant prendre sa longueur en plan sous la ligne d'incidence lui correspondant, et on a tracé le pentagone B, C, D, E qui se trouve ralongé. Si, sur le plan de première projection, on n'avait pas de ligne milieu, on prendrait tout l'espace qu'il y a de D en E, qu'on diviserait en deux pour être porté en élévation. Le développement se fait en tirant une ligne, *fig.* 11, sur laquelle on mettra les cinq côtés du pentagone, en ayant soin de les disposer de manière à ne pas prendre un pan ou face du prisme pour un autre : celui-ci doit se réunir à l'angle G des points posés sur la ligne élevée des lignes qui représenteront les angles du prisme, en comptant les deux extrêmes pour une. Vous prendrez ensuite, à partir de la ligne de base du prisme, les hauteurs du solide sur sa ligne de section, que vous rapporterez sur chacune de celles du développement, et vous obtiendrez les hauteurs et l'obliquité de chaque face; vous pourrez découper, plier et réunir, et vous aurez le prisme.

La figure 12 est encore un prisme, mais il est exagonal ou

Digitized by Google

à six faces; il est tronqué par deux sections obliques, il s'opère par les mêmes moyens que les précédents; il faut remarquer que sur la ligne de base *b c*, projection verticale et prolongée, et c'est sur cette prolongation *fig.* 13, on a mis les côtés du plan *a*, et de ces pointes on a élevé des lignes qui se trouvent coupées par des lignes ponctuées, venant des sections obliques du plan géométral, et qui correspondent à leur angle respectif; il s'agit d'examiner et suivre les lignes, se familiariser avec, et on aura la solution.

La figure 14 est la forme de la double section; en la pliant sur la ligne *d*, sa largeur étant la même qu'en plan, elle vous donne un exagone ralongé.

REMARQUE SUR LES PRISMES.

Il faut remarquer que tout ce qui s'élève entre des parallèles et qui produit des côtés ou faces, est considéré avoir la forme prismatique, tel soit le plan sur lequel il s'élève.

Des Pyramides tronquées (pl. VI.)

Nous avons déjà dit que tout corps solide qui s'élève sur un poligone et se termine en pointe, est pyramidal.

La figure première de cette planche est une pyramide triangulaire équilatérale tronquée obliquement.

D'abord on a construit la projection horizontale ou plan de terre sur lequel on tire trois lignes diagonales, 1, 2 et 3. Sur les angles on a formé la projection verticale qui est considérée par rapport au développement comme un des côtés, on a formé la section oblique ou ligne marquée 2, des extrémités de laquelle sont descendues deux

incidentes qui coupant les diagonales en plan, donnent les correspondants.

Pour obtenir le point 2 en plan, on a pris du point 2 en élevation et sur une petite ligne ponctuée qui sort du point 2 d'équerre à la ligne milieu jusqu'à la divergence formant le côté de la pyramide; cette longueur de petite ligne fût portée en plan du milieu sur la diagonale qui est en face marquée 2, ce qui a produit le petit triangle isocèle éclairé en plan; ensuite on a procédé au développement qui fut fait en posant la pointe du compas sur le sommet de la pyramide et sur la longueur d'un de ses côtés; on a décrit une partie de cercle sur laquelle on a posé les côtés du triangle équilatéral; et sur ces points on a mené au centre du sommet de la pyramide les lignes 3 et 1; cette dernière n'était qu'une demi-ligne qui se réunit au côté de l'élevation n° 1; ensuite on a pris la partie ponctuée sur la ligne 1 du point de sommité au point 1; on a porté cette longueur sur la ligne de développement 1; ensuite on a pris de la petite ligne ponctuée au point de sommité sur la ligne 2 qu'on a porté sur la ligne 3, et du point de section ligne 2 des points portés sur les lignes 3 et 1, on a tiré deux petites lignes obliques qui donnent la forme des deux côtés de la pyramide par rapport à sa section oblique.

Pour avoir la forme de la bouchure que donne la section, on prendra en plan sur le triangle éclairé où se projette le tronc dans la direction 1 et 3; on portera cette longueur sur une ligne *fig.* 2, aux points 3 et 1; ensuite on prendra en plan, *fig.* 1re, le côté clair du triangle du côté 1; on portera cette longueur en élevation sur une petite ligne horizontale ponctuée qui est tirée à

l'extrémité supérieure de la section du milieu au point 1; de ce point on ouvre un peu le compas qu'on descend sans changer la pointe de 1 en 2; cette ouverture se rapporte au point 1 en sectionnant vers le point 2, *fig.* 2; ensuite on prend en plan *fig.* 1", la partie du triangle clair du côté de 2 en 3 qu'on porte sur une horizontale tracée à l'extrémité inférieure de la section du milieu au point 3; ensuite on ouvre le compas sans changer la pointe 3 sur le point 2; vous rapporterez cette ouverture sur le point 3 *fig.* 2, en sectionnant vers 2; cette section de compas coupera la première section, et du point d'intersection 2 aux points 1 et 3, tracez le triangle scalène oxigone qui sera la bouchure de la section oblique.

La figure 3 est une pyramide quadraugulaire tronquée obliquement; on a tracé la projection horizontale en traçant un carré régulier des angles duquel on tire des diagonales qui expriment les arêtiers; au-dessus est élevé la projection verticale ou élevation géométrale qui exprime un des côtés de la pyramide; la coupure ou section oblique termine les hachures, le reste ponctué n'existe plus; des extrémités de l'oblique formant la section on a descendu des incidences sur les angles 1, 2, 3, 4 : en plan de ces points on a formé le trapèze clair du plan.

Le développement s'est fait en prenant un des côtés de la pyramide et du point de sommité; on a décrit une partie de cercle, sur laquelle on a posé les trois côtés du plan; on a tiré des lignes au point commun, et on a obtenu les trois triangles isocèles 2, 3, 4, qui, avec un qui forme la projection verticale, forment les quatre côtés de la pyramide; ensuite ayant posé le compas sur le sommet de la pyramide, on l'a ouvert à l'extrémité supérieure de

la section; on apporte cette longueur du triangle 2; puis, sans déranger le compas du sommet, on a pris la partie inférieure de la section qu'on a portée sur les lignes du triangle 3 et 4, comme l'enseigne une petite partie de cercle ponctué; de ces points on a mené la petite ligne droite 1 et 2; puis du point 1, la petite oblique du triangle 3, se raccordant à droite du triangle 2, et on a formé des triangles qui deviennent trapézoïde à cause de la section.

Pour avoir la forme de la bouchure, on tire dans le milieu de la petite ligne droite, 1 et 2, du triangle 4, une ligne milieu qui correspond au sommet. Sur cette ligne qui est ponctuée, on met la longueur de la ligne oblique qui forme la section, et de cette longueur on tire une petite parallèle 3 et 4, sur laquelle on met la largeur qui est en plan au chiffre 3 et 4, et on trace le trapèze ralongé 1, 2, 3, 4, au développement.

REMARQUE.

Il est à observer que les pyramides dans leur projection verticale n'expriment pas leur véritable hauteur, mais seulement un de leurs côtés; les lignes ponctuées qui terminent le sommet de chaque, sont exprimées en plan par les angulaires ponctuées dans les clairs.

La figure 4 est une pyramide pentagonale tronquée obliquement; pour la tracer, on a décrit un cercle qu'on a divisé en cinq parties égales des points; on a tracé le pentagone, puis du centre à chaque angle, on a tiré les diagonales 1, 2, 5, 4, 3; et de chaque angle du pentagone on a élevé par des incidentes les arêtiers 1, 2, 3, 4, 5, élevation géométrale qu'on a menée en pointe au point de sommité; on a ensuite fait le trone oblique de la

ligne de section où se termine les hachures; on a mené des petites lignes horizontales jusque sur une ligne ponctuée, qui, prise au périmètre du pentagone, exprime la véritable longueur des arêtiers. Les petites lignes sont prises sur les points où la ligne oblique coupe les lignes d'arête de ces mêmes points sur la section; on a descendu des incidentes sur les diagonales du plan, qui sont les arêtiers projetés de la pyramide où ces incidentes ou lignes ponctuées rencontrent les diagonales du plan; on mène de l'une à l'autre les lignes droites qui nous donnent le pentagone irrégulier et clair.

Le développement, *fig.* 6, se fait en prenant la longueur de la ligne ponctuée, *fig.* 4, qui va du sommet à la base, à côté du chiffre 5, et sur laquelle sont arrêtées quatre petites lignes ponctuées à la hauteur de la section de cette ligne; vous décrivez une partie de cercle, *fig.* 6, sur laquelle vous mettez les cinq côtés du pentagone; des ces divisions au point qui a servi à décrire la partie de cercle, vous menez des divergentes ou lignes représentant les arêtiers 1, 3, 5, 4, 2, 1; sur ces lignes vous prenez les points donnés par les petites lignes ponctuées en élevation géométrale pris sur la ligne ponctuée, ayant soin en regardant les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, sur la base, de prendre les longueurs correspondantes en commençant par le point le plus haut, projection verticale, engendrée par le n° 1; vous l'apportez sur les deux lignes du développement, sur les lignes 1 et 1; le point engendré par la ligne 2 en élevation, que vous portez toujours au développement sur la ligne 2; celui donné par la ligne 3, rapporté sur la ligne 3 au développement; celui de la ligne 4 sur la ligne 4, et le 5e ou le plus bas, sur la ligne 5 au point le plus bas :

de ces points, menez des droites, et vous aurez la forme de chaque pan ou côté, rapport à la coupure oblique.

La figure 5 est la bouchure ; pour l'obtenir, on prend la longueur de la ligne de section, et tous les points qui sont sur cette ligne ; on place cette longueur sur une ligne, *fig.* 5, et on prend en plan le petit triangle rectangle que donnent les incidentes, et une ligne passant par le centre qui exprime en plan la ligne oblique en élevation, et on trace le pentagone irrégulier par les points où les chiffres correspondent.

La figure 7 est une pyramide exagonale tronquée obliquement ; elle se trace de la même manière que la précédente, excepté que sa disposition nous dispense d'avoir une ligne ponctuée pour avoir la longueur des arêtiers ; les deux côtés de la pyramide en élévation étant les véritables longueurs, il ne s'agit que de suivre les chiffres correspondants, et on aura solution : de plus, pour faciliter l'intelligence, copiez le développement, découpez-le, pliez-le sur sa ligne, réunissez ensuite 4 et 4 en plan, ayant soin de laisser la bouchure qui est au milieu, et vous aurez la pyramide tronquée obliquement.

La figure 9 est une pyramide eptagonale, tronquée obliquement sur sa base ; ayant décrit un cercle, projection horizontale, et l'ayant divisé en sept parties égales, on a mené des droites pour les côtés et les diagonales ; on a élevé les angles sur la ligne de base, et une verticale ou cathète ; on a tiré les arêtes au sommet, et on a tracé l'élévation géométrale, ensuite on l'a coupée sur sa base par une section oblique, sur chaque point d'intersection ; on a descendu des incidentes sur les rayons ou arêtiers projetés, et sur les côtés représentant la base en élévation,

on a tracé l'eptagone irrégulier haché en plan; pour obtenir la bouchure, *fig.* 10, on a pris la longueur de la section oblique en élévation, et tous les points d'intersection des arêtiers qui s'y trouvent, on les a portés sur une ligne, *fig.* 10, et de ces points on a tiré à angle droit les petites lignes horizontales ponctuées, ensuite on est venu en plan et à partir de la petite ligne ponctuée, sur chaque incidente et sur les points des arêtes; vous prendrez les intervalles qu'il y a, et vous les porterez sur les petites lignes horizontales, *fig.* 10, aux chiffres correspondants, et vous tracerez la figure 10, qui est un pentagone très-irrégulier.

Le développement, *fig.* 11, se fait de la même manière que les précédents, et pour rapporter les points de section, on mènera des petites horizontales, prises sur la ligne oblique en élévation, aux chiffres 1, 2, 3, 4; puis, les prenant sur la ligne où ils sont arrêtés, vous les rapporterez sur les lignes de développement 3, 5 et 5, 4, 2, 6; il faut observer que le point 6 étant sur la base, on prend l'intervalle qu'il y a entre le rayon et le point, où se termine la section en plan, pour le rapporter sur la ligne de base en développement; ensuite, tracer les obliques qui forment la section; les lignes ponctuées sont la partie qui n'existe plus.

La figure 12 est une pyramide octogonale, tronquée par une section horizontale et une verticale; les parties claires en plan, expriment la partie retranchée; la section horizontale projetant un petit octogone régulier. La bouchure qui convient à la section verticale, est la figure 13; il ne s'agit, pour la construire, que de voir le chiffre correspondant en plan pour la largeur, et en élévation pour la hauteur; la figure 11 est semblable au clair du plan.

Le développement, *fig.* 15, se fait de la même manière que les autres, et le rapport des lignes tronquées se prend aux chiffres correspondant en élévation 2, 3 et 0.

REMARQUE SUR LES PYRAMIDES TRONQUÉES.

Il faut examiner à quel rapport peuvent s'appliquer ces différentes figures et leurs sections; se familiariser au jen ou mécanisme des lignes, et savoir que les développements sont ce que les ouvriers appellent des herses.

Des cylindres (pl. VII).

Le cylindre est un solide qui a pour base un cercle, et qui s'élève entre des parallèles.

La figure 1 est nn cylindre autour duquel on a tracé une hélice; l'opération se fait en décrivant le cercle, comme projection horizontale, qu'on a divisé en autant de partics qu'on a jugé à propos; des points de division 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12, on a élevé des lignes pour former l'élévation géométrale; les lignes étant élevées, on a tracé la ligne hélice en divisant la hauteur qu'on veut donner, en autant de parties qu'il y a de lignes pour faire un tour; observez que si c'était pour le tracé d'un escalier á noyau cylindrique, on calculerait la hauteur de l'étage, pour être en rapport avec l'espace de l'emplacement; on prendrait, en commençant par le bas aux divisions *l*, *k*, *j*, *i*, *h*, *g*, *f*, *e*, *d*, *c*, *b*, *a*, la première par le bas *l*, avec celle marquée en plan par le chiffre 1; celle en *k*, avec celle 2 du plan; celle en *j*, avec celle 3 du plan; et ainsi de suite jusqu'en *g*; ensuite, comme la division sur le cercle est en nombre pair, il y a deux lignes qui se trouvent dans la même direction; c'est ce

qui fait que quand la ligne transversale *h* forme une hauteur, la ligne 5 est représentée par la ligne 7 du plan, ce qui forme le tracé du derrière.

Pour mettre cette pièce en rapport avec un escalier à courbe, on a tracé une bande d'une largeur de deux lignes, cette idée, quoique confuse, n'en est pas moins le principe de l'escalier. Le développement se fait en mettant sur la ligne de base prolongée, toutes les divisions qui sont sur la circonférence du cercle; ce qui en fera l'extension, excepté que les petits arcs résultant de chaque intervalle de division, étant considérés comme des droites, il en résulte que l'extension n'est pas complète; cependant elle est suffisante, et dans la construction on peut tolérer ces sortes d'erreurs.

Les divisions étant faites sur la ligne, on a élevé autant de lignes de la hauteur du cylindre; ensuite on a mené la division de hauteur correspondant aux lettres alphabétiques; puis, des points d'intersection, on a tiré la bande oblique, qui est l'hélice étendue; car si on réunit les deux extrémités du développement, on verra l'hélice comme aux cylindres.

La figure 2 est un cylindre tronqué obliquement; on a, comme à la figure 1re, tracé le plan et élevé les divisions, ensuite on l'a coupé obliquement; on a prolongé la ligne de base pour mettre la division comme à la figure 1re; on a élevé les lignes indéfiniment; puis, sur chaque point de division, de A en R, de *q* en *q*, de *p* en *p*, de *o* en *o*, de *n* en *n*, de *m* en *m*, de *p* en *l* et de R en B, on tracera la ligne sinueuse, qui sera la forme du cylindre coupé obliquement. Développer la forme de la section oblique, est une ellipse qui s'obtient en prenant sur la ligne oblique

de *a* en R tous les points d'intersection qui s'y trouvent; on les porte ensuite sur une ligne *a*, *q*, *p*, *o*, *n*, *m*, R, qui se trouve au-dessous du développement de ces points, et traverse cette ligne par d'autres croisées à angles droits; ensuite, prenez en plan la largeur ou intervalle qui se trouve de la ligne milieu à la circonférence; et sur les lignes de division, vous reporterez ensuite ces mêmes intervalles sur les petites lignes de l'ellipse, en répétant autant de fois sur les points marqués sur ces lignes; vous tracerez à la main la cerce ou fournette, les contours de l'ellipse, et vous aurez la forme de la section oblique du cylindre.

La figure 3 est la manière de tracer une vis : elle ne diffère de la figure 1re que sur les hauteurs des divisions; mais nous devons quelques observations sur le tracé d'une vis. Il est d'habitude, parmi les charpentiers, de diviser la vis en huit lignes parallèles entre elles, en s'y prenant comme il a été dit au tracé d'un octogone circonscrit, *pl.* III, *fig.* 5; mais on est souvent indécis sur la grosseur des filets qu'on appelle pas de la vis : il n'y a pas de règle qui détermine la grosseur de la vis; car il est reconnu, en mécanique, que ce qu'on gagne en force on le perd en vitesse. Ainsi une vis, qui aurait un grand pas, presserait plus vivement; mais il faudrait plus de force, le noyau serait plus faible, et par conséquent plus susceptible d'être tordu. Si, au contraire, le pas est plus petit, la vis pressera avec plus de lenteur, mais il faudra moins de force, et le noyau sera plus fort, les filets seront plus susceptibles de s'ébouiter, et la vis de passer à travers son écrou. C'est pourquoi, quand rien n'oblige d'employer ni force ni vitesse, on prend le terme moyen, qui nous a paru être le cinquième de la circonférence, c'est-à-dire

divisez l'extérieur de la vis en cinq parties égales; vous tirez une ligne sur une de ces divisions; vous décrivez un cercle tangeant à cette ligne : tel est le cercle ponctué au plan de la vis. La distance qu'il y a entre un cercle et l'autre, est la moitié du pas; le pas étant dit à grain d'orge, est la moitié d'un carré régulier, *fig.* 5 : on divise ce carré sur la diagonale, en autant de parties comme on a tracé de lignes sur le cylindre ou fût de la vis : celui-ci est en huit. En commençant par le diviser en deux, puis la moitié en deux, puis le quart en deux, on aura les huit divisions; on tracera sur le fût de la vis un trait d'équerre que les ouvriers appellent trait carré, qui fera le tour du fût; puis on prendra une division du pas qu'on portera sur la deuxième ligne, ensuite deux sur la troisième, trois sur la quatrième, quatre sur la cinquième, cinq sur la sixième, six sur la septième, sept sur la huitième, et huit sur celle où on aura commencé, ce qui fera le tour de la vis : le reste se fera en portant sur toutes les lignes, à partir de la première révolution de l'hélice, et le tracé sera fini. Il faut faire attention si la vis tourne à droite ou à gauche; on appelle tourner à droite, celle qui commence de gauche à droite par le bas. Le développement, *fig.* 4, se fait comme à la figure 1re, avec cette différence qu'on a étendu le cercle par la formule.

Des Ellipses ou Ovales.

Toute ellipse est supposée une section oblique du cylindre; on doit entendre, par ellipses, celles qui sont fixées par des largeurs et longueurs; les autres sont des ovales. Cependant il serait plus convenable d'appeler ovale la forme de la section oblique d'un cône, parce

qu'en effet elle présente la forme d'un ove des chapiteaux loniques et composites; mais nous ne nous arrêterons pas à la dénomination. Il nous suffira de dire que les ellipses et ovales cylindriques sont d'un grand secours dans la construction, et que les ouvriers tailleurs de pierre, charpentiers, menuisiers, ont très-souvent besoin de ces sortes de cintres.

La figure 6 est une ellipse ou ovale fixe; pour l'obtenir, on croise à angles droits deux lignes qui se coupent en *o*, et se prolongent indéfiniment sur les lignes. On a fixé les points *c*, *c* pour les longueurs et les largeurs, aux points où passent les flancs de l'ellipse; de ces points de largeur aux points de longueur *c*, *c*, on a tiré une diagonale *c*, B; ensuite on a pris moitié de la largeur du point *o* au point B, on l'a abaissé sur la ligne *e*, *e* au point G; on a pris l'intervalle qu'il y a de *g* en *e*, et on l'a porté sur la ligne oblique en B, pour obtenir le point qui est sur cette oblique; de ce point on a ouvert le compas pour faire une section vers R et P, en portant la pointe du compas en *c*. Pour croiser les premières sections des points d'intersection, tirez la ligne oblique, prolongez vers *p*, qui coupera la ligne *c*, *c* au point A; ensuite on prendra de ce point au centre *o*, et on le portera sur la même ligne pour l'autre point A; on prendra du centre O, au point P, la distance qu'il y a pour la porter sur la même ligne, pour avoir un point opposé à P; de ce point, et des points A, A, vous menez les divergentes S et R, prolongées indéfiniment; puis, du point P, passant par le point A, vous tracez la ligne *i*; ensuite vous posez le compas sur le point P, vous l'ouvrez en B, et vous tracez le segment qui se trouve entre les divergentes *i*, *j*; vous apportez le compas vers A sur

le point d'intersection, vous le fermez en *e*, et vous vous assurez si les points *i* et *j* sont en rapport; vous tracez les petits segments ou bouts de l'ellipse; vous reportez le compas sur le point opposé à P, et vous tracez le segment qui termine l'ellipse en P.

La figure 7 est une ellipse de M. Cassini. On croise deux lignes à angles droits, sur lesquelles on fixe la largeur et la longueur de l'ellipse; ensuite on prend la moitié de la longueur qu'on apporte sur la largeur entre 4 et 5; et sur la ligne milieu on sectionne à droite et à gauche sur la grande ligne aux points B; on rapporte le compas au milieu, et des points B on décrit la demi-circonférence ponctuée, qu'on divise en autant de parties qu'on le juge convenable : ici elle est de huit intervalles; de ces points on descend des lignes : telles sont les lignes ponctuées qui, sortant du cercle, s'arrêtent sur les lignes. Puis vous ouvrez le compas de G à la première ligne de division, et de cette ouverture vous mettez la pointe du compas sur le point B, qui est le foyer des parties de cercles qui doivent concourir à tracer l'ellipse. En commençant par le petit cercle 1, vous reportez le compas en G; vous l'ouvrez à la deuxième ligne de division; et remettant le compas en B, vous tracez la partie de cercle 2; vous reportez le compas en G, vous l'ouvrez à la troisième ligne de division, et vous le reportez en B pour tracer la partie de cercle 4, ainsi de suite; et quand vous êtes à la dernière, vous refermez le compas d'une division en L, vous reportant en B, et vous croisez les premières parties de cercles par d'autres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; où les cercles se coupent, on tracera à la main ou à la fournette les intervalles, et on aura une ellipse.

La figure 8 est une ellipse tracée sur les angles des triangles rectangles. M. Losanam l'employa dans sa gnomonie pour un cadran solaire.

Pour l'obtenir, on croise une ligne à angle droit; puis, pour fixer la largeur, on trace un cercle, et pour la longueur encore un cercle; on divise, sur le grand cercle, en nombre pair, autant de divisions qu'on le juge convenable; de ces divisions on mène des parties de rayons qui, s'arrêtant sur le petit cercle, donnent une division semblable en nombre à celles du grand cercle; vous menez, des divisions du petit cercle, des petites lignes parallèles à la ligne L, H; puis vous menez, des divisions du grand cercle, des petites parallèles à la ligne A, T : ces lignes se croisant à angle droit, nous donnent l'ellipse ou ovale gnomonique, en réunissant, soit à la main, soit à la cerce, les intervalles qu'il y a entre les triangles.

La figure 9 est un ovale non borné, qui s'obtient en traçant quatre lignes parallèles de deux en deux, se croisant, comme l'enseigne la figure; et les points d'intersection sont les foyers des petits secteurs. Les points de réunion des divergentes sont les foyers des grands secteurs.

La figure 10 est un ovale qu'on obtient en traçant deux cercles, dont les circonférences passent par les centres de leur intersection; vous ouvrez le compas sur la partie la plus convexe du cercle, et vous tracez le grand segment.

REMARQUE SUR LES CYLINDRES ET LES ELLIPSES.

Il faut remarquer que les sections cylindriques obliques sont très-utiles en construction pour la coupe des pierres; c'est une porte biaise en un talus, une pénétration biaise,

la rencontre de deux berceaux, etc. Si on examine avec soin, on verra que les developpements sont les panneaux de douelles; en charpente, c'est sur les différents cintres qu'il faut disposer; le tracé de l'hélice, c'est celui de l'escalier; la vis est fort utile en charpente.

En menuiserie, c'est le fût des colonnes d'assemblage, en considérant que les développements sont les parties qui doivent les composer. Nous parlerons plus amplement des rapports d'un cylindre à la colonne d'assemblage, à l'article menuiserie.

Pour les tôliers, plombiers, couvreurs, le développement se rapporte à toute partie circulaire employée dans les combles, tels que coude de corps, garniture de fronton circulaire et son raccordement entre le grand comble dans les noms; enfin, il ne s'agit que de donner un coup d'œil avec attention, et on pourra tirer bien des avantages de cette planche.

Des sections coniques (pl. VIII.)

On reconnaît cinq sections coniques ou cinq manières de couper le cône; couper le cône en passant par la verticale, présente un triangle isocèle; couper un cône horizontalement, présente un cercle ou forme circulaire; couper un cône par le sommet d'une section oblique, présente une ellipse; couper un cône sur sa base par une section oblique qui forme une parallèle à un de ses côtés, est une section parabolique; couper un cône par une section verticale parallèle au diamètre, est une section hyperbolique. Mais nous ne parlerons pas des deux premières sections qui ne présentent aucune difficulté.

La figure 1re est un cône trouqué par une section ellip-

tique! après avoir décrit un cercle et ensuite divisé en autant de parties qu'on a jugé convenable, on a tiré de ses divisions des rayons qui projettent en plan la même quantité de divergentes qui forment le cône; on a élevé sur le cercle des points de division, de petites incidentes ponctuées, et arrêtées sur une ligne horizontale formant la base du cône; ici on a eu soin de faire la division en nombre pair pour éviter la confusion des lignes; de ces lignes ou incidentes, on a formé le cône qu'on a tronqué obliquement sur la ligne de section; on a mené d'équerre à la verticale et sur tous les points que forme la section en coupant les divergentes, de petites lignes ponctuées qu'on a arrêtées sur la ligne projetant la longueur du cône aux points *i*, *j*, *a*, *e*, *l*; des mêmes points pris sur l'oblique, on a descendu sur le plan des lignes qui, coupant en plan les rayons correspondants aux divergentes en élevation, on a obtenu la projection de l'ellipse, qu'on a tracée sur les points *j*, *i*, *i*, *a*, *a*, *f*, *e*, *l*, *l*, *e*, *e*, et *d*; on aurait pu obtenir cette projection en prenant en élévation, et à partir de la ligne milieu, la longueur des lignes en commençant par *e* qu'on rapportera en plan à partir du centre sur les rayons *e* et *c*; ensuite prendre la ligne *l* toujours à partir de la ligne milieu, qu'on rapportera en plan sur les rayons *l*, *l*, ensuite la ligne *e* qu'on rapportera sur les rayons *e*, *e*; ces points en plan ne peuvent s'obtenir que par ce procédé, on continuera jusqu'à *j*, et on aura la projection de l'ellipse; mais pour avoir la forme ou bouchure, on prendra sur la ligne de section oblique tous les points d'où sortent les petites lignes horizontales qu'on portera sur une ligne qu'on aura tracée, *fig.* 2, et sur les mêmes points, on croisera la ligne à angles droits par

autant de petites lignes, puis on prendra en plan, *fig.* 1re, à partir de la ligne milieu et sur les lignes ponctuées qui la croisent à angles droits, les intervalles qui se trouvent de cette ligne aux points en commençant par *c*, *c*, qu'on portera sur la 1re ligne, *fig.* 2, et on marquera les mêmes points *c*, *c*; ensuite on prendra en plan les intervalles *l*, *l*, qu'on rapportera sur la deuxième ligne aux points marqués des mêmes lettres, ainsi de suite, et on aura la forme de l'ellipse.

Le développement, *fig.* 3, s'obtient en prenant la longueur du cône sur l'un des côtés; puis, fixant un point, on décrit avec cette longueur comme rayon une partie de cercle sur laquelle on porte les divisions qui sont sur le cercle, et de ces points on amène au point qui a servi de foyer pour tracer la partie de cercle, autant de lignes sur lesquelles on a porté les longueurs des divergentes coupées par la section, en commençant par le point *j*, *fig.* 1re, qu'on a rapporté sur les deux lignes extrêmes du développement au point *j*; ensuite on a pris le point *i* qu'on a rapporté sur les deuxièmes lignes aux points *i*, *i* et on a continué jusqu'à *d*; de cette manière, en ayant le soin, si on prend par le bas du cône, de rapporter sur le cercle, ou si on prend du sommet, de rapporter par le point le représentant, on obtient la forme que présente cette section en traçant la sinueuse *j*, *i*, *a*, *e*, *l*, *c*, *d*, produite par l'obliquité de la section.

La figure 4 est un cône tronqué par une section parabolique; après avoir, comme à la figure première, tracé le plan de projection, élevé les incidentes, tracé le cône, on l'a coupé obliquement; et des points que forment les divergentes sur la ligne de section *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, on a descendu

d'autres incidentes qui coupent les rayons aux points *a, b, c, d, e;* on a tracé la projection parabolique; ensuite on a pris sur la ligne oblique de la section ces mêmes points *a, b, c, d, e,* qu'on a portés sur une ligne *fig.* 5, sur lesquels points on a croisé à angle droit autant de lignes, ensuite on a pris en plan, *fig.* 4, à partir de la ligne milieu et sur les lignes ponctuées, les intervalles qu'il y a de cette ligne aux points en commençant par les points *a, a,* qu'on rapportera *fig.* 5, sur la ligne *a* pour fixer les points *a, a;* puis on prendra en plan les intervalles *b, b* qu'on rapportera sur la ligne *b* pour fixer les points *b, b,* ainsi de suite jusqu'en *c,* et on aura la parabole; ensuite, pour procéder au développement, on mènera des points *a, b, c, d, e, fig.* 4, des petites lignes horizontales sur le côté ponctué du cône aux lettres correspondantes; on prendra ensuite la longueur de ce côté comme rayon, et on décrira le développement, *fig.* 6, de la même manière que la *fig.* 3; on prendra, *fig.* 4, sur la ligne ponctuée du cône, les points *a, b, c, d, e,* qu'on rapportera au développement, en commençant par la longueur *c,* puis *d, d,* ainsi de suite jusqu'en *a,* qu'on prendra sur le cercle, *fig.* 4, pour être portés sur la partie de cercle; du développement de ces points, on tracera la courbure qui sera la parabole développée.

La figure 7 est un cône tronqué par une double section elliptique et section hyperbolique.

Après avoir comme aux précédentes, tracé la projection, élevé les incidentes et formé le cône, on l'a coupé sur sa base par une section hyperbolique qui, prolongée, aurait pu couper dans la même direction un cône formé par la prolongation des côtés de celui-ci.

On a descendu cette section en plan marquée D A A A et arrêtée sur le cercle aux points 8 et 5 pour obtenir la forme de l'hyperbole; on a pris la longueur de la section, en élévation de la base au point A, et on a porté cette longueur sur une ligne *fig.* 8; on a pris ensuite en élévation, *fig.* 7, et sur la ligne de section, le point formé par la section de la divergente B, à partir de la base qu'on a porté, *fig.* 8, au point B; on a croisé ces points à angles droits et on est venu prendre sur le plan de la ligne milieu A, l'intervalle des points A A qu'on a rapporté, *fig.* 8, aux points D D, puis on est venu prendre en plan, à partir de la ligne milieu jusqu'au point formé par la coupure des rayons, l'intervalle qu'il y a, qu'on a porté sur la ligne B, *fig.* 8, ensuite on a tracé la courbe hyperbolique.

La section elliptique s'obtient comme à la figure première.

Le développement se fait comme les précédents, en observant de suivre exactement les lettres de celles qui sont répétées comme à la figure 8.

La figure 11 est un cône autour duquel on fait tourner une héliçoïde (1), d'abord on projette comme aux figures précédentes, on élève et on trace le cône, on le développe ensuite; et c'est sur le développement, *fig.* 12, qu'on trace cette ligne oblique qu'on nomme loxodromie ou ligne loxodromique; on obtient cette ligne en traçant des pieds des deux premières divergentes du développement, l'oblique n° 1, qui fait avec la base un triangle de tels degrés

(1) Je me sers de cette expression; parce qu'une hélice est une ligne qui s'applique au cylindre.

que nécessite l'opération; cette oblique étant tirée, tracez à partir de l'angle inférieur aigu et en dessus de l'oblique, une petite partie de cercle, telle est celle ponctuée, qui touchera la première ligne et l'oblique; ensuite portez la même ouverture du compas sur la ligne n° 2 et où l'oblique touche cette ligne; décrivez pareillement une petite partie de cercle touchant la deuxième ligne; sur cette partie de cercle, prenez la longueur de la première petite courbe, c'est-à-dire sur les points où elle touche la ligne oblique et la première ligne du développement; portez cet intervalle sur la deuxième petite courbe et vous tracerez un point sur lequel doit passer la deuxième oblique qui se prolongera jusque sur la troisième ligne, ainsi de suite jusqu'à la dernière ligne. Mais si les intervalles se trouvaient trop petits pour pouvoir tracer des triangles, alors on prendrait une fausse équerre comme il est porté au quatrième intervalle, et du même angle appliqué sur toutes les divergentes, on trace cette ligne qui donne des proportionnelles.

Cette ligne étant tracée, on prendra la longueur du pied de chaque ligne, c'est-à-dire de la ligne circulaire ou base developpée sur chaque divergente; le point que forme la ligne oblique marquée 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 et 13 du développement que vous porterez sur le côté du cône, *fig.* 11, pour avoir les points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 et 13, et les espaces entre eux seront des moyennes proportionnelles que vous tirerez horizontalement alors sur tel point que vous voudrez tracer la ligne; par exemple, si vous commencez sur la base 1, dirigez-vous en montant une division sur la ligne 2, ensuite sur la ligne 3, etc., vous tracerez l'héliçoïde; vous

pouvez ajouter à cette ligne telle hauteur que vous croirez convenable et par lignes divergentes, et elle tracera la deuxième ligne qui représente une largeur de bandeau. Cette opération finie, on descend en projection horizontale l'héliçoïde qui alors prendra le nom de spirale; pour la projeter, vous descendrez autant d'incidentes prises sur les points formés par l'héliçoïde et les divergentes jusque sur les rayons correspondants, et vous aurez la spirale; ou si on veut, on prendra de la ligne milieu en élevation sur les lignes horizontales et aux points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 at 13 sur le côté du cône, et on les rapportera sur les rayons à partir du centre; cette opération est plus juste et complique moins les figures, parce que les lignes incidentes coupant les rayons dans des directions obliques, forment des points d'intersection trop allongés; d'ailleurs, le rayon qui se trouve en face ne pouvant être coupé par aucune ligne, on est obligé d'employer le dernier procédé.

REMARQUE SUR LES SECTIONS CONIQUES.

Il a déjà été parlé des sections coniques, nous ne ferons qu'intéresser le lecteur en le renvoyant aux pénétrations et réunions des solides où ces figures se présentent dans l'emploi qui leur est propre. Mais nous dirons que la ligne tournant autour d'un cône, doit être d'une grande utilité pour le tracé des épures d'escalier conique, moyenne proportionnelle, flèche torse, telle est la flèche de Strasbourg, etc., etc., que nous traiterons aux articles charpente et coupe de pierres.

Des solides de pentes.

Les difficultés qu'on rencontre dans les solides de pentes sont à peu près les mêmes que dans les droits; la différence est que s'ils se projettent sur des plans réguliers, le solide n'y est pas, et les développements demandent plus de précaution.

La figure 1re est un prisme pentagonal, il est élevé sur un pentagone régulier, mais sa forme cubique ne présente pas des faces égales; le pentagone qui se trouve à l'extrémité est la forme du solide.

La figure 2 est le développement qu'on a formé en prenant la longueur du grand côté du prisme, *fig* 1re, de la base *m* au point 1 qu'on apporte de la ligne droite du développement au point 1; on a pris les cinq divisions qui sont sur le cercle, qu'on a étendues sur la ligne de développement, et on a élevé les lignes 1, 2, 3, 4. Les hauteurs se prennent aux points *m, l, n, o, p, a,* qu'on rapporte sur les lignes du développement, et on trace la ligne creuse qui exprime la coupe de base et la forme on degrés d'obliquité de chaque face; il faut observer que la ligne droite du développement est la ligne droite 1, o, A, qui est d'équerre à son prisme en élevation.

La figure 3 est une pyramide de pente sur son angle; sa projection est un quadrilatère, le point de sommité A se projette hors du plan en A; c'est sur ce point qu'on trace les arêtiers en plan qui sont exprimés par les lettres A, A, B, A, et D, A, les côtés C, A, en élevation, sont les longueurs des arêtiers, mais l'angle D n'est vu que géométralement; pour avoir sa juste longueur, on a pris la longueur A, B, sur le plan, et on l'a portée sur la ligne milieu

comme l'enseigne la courbe ponctuée, ensuite on l'a élevée puis tirée au point commun de E en A. Pour procéder au développement, *fig.* 4, on a tracé une ligne A, A, sur cette ligne on a porté la longueur A, A prise en élevation, puis on a pris la longueur E, A en élevation, et on l'a portée au développement de A en E en sectionnant vers ces deux points, ensuite on a pris les côtés du plan A, E, et A, D, qu'on a portés au développement de A en E, ou croisant les sections, on a obtenu les lignes A, E; pour avoir E, C, et C, A, on a pris en élevation la longueur A, C, qu'on apporte au développement de la même manière que les précédentes, et on a tracé le développement de la pyramide de pente.

La figure 5 est un cylindre oblique; sa projection est un cercle, mais le cylindre n'est pas circulaire. Sa forme est un peu elliptique, elle est représentée par l'ellipse formée sur la ligne E, B; pour l'obtenir, on a divisé le cercle en parties égales, et on a de ces divisions, élevé des lignes sur la base, qui ont servi à tracer le cylindre, on a ensuite d'équerre à ces lignes, tracé la ligne E, B, qui coupe les ordonnées à angles droits, on a pris en plan les espaces qui se trouvent à partir de la ligne milieu sur les lignes ordonnées aux points numérotés en commençant par 2 et 12, que vous portez en suivant l'ordonnée pour obtenir les points 2 et 12, ensuite 3 et 11, que vous portez toujours en suivant l'ordonnée en 3 et 11, ainsi de suite jusqu'en 6, et vous aurez la forme de l'ellipse qui sera celle du cylindre.

Le développement, *fig.* 6, se trace en tirant la ligne B qui représente E, B en élevation. Sur cette ligne, vous mettez les divisions qui sont sur le cercle en plan, et de

ces points, vous tirez des lignes d'équerre, puis sur chacune d'elles, vous mettez les longueurs des ordonnées du cylindre, *fig.* 5, que vous prendrez de la ligne E, B à la base; ici on a commencé par les lignes 1, 1, ainsi de suite jusqu'en 6, et on trace la sinueuse E, O, B, O, H.

La figure 8 est un cône de pente; après avoir tracé le cercle et en avoir fait les divisions, on a excentré la sommité du cône en R; de ce point et des divisions, on a tiré des lignes; ces lignes projettent celles qui forment le cône en élevation aux points 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, qu'on a menés au point R; mais comme ces lignes sont vues géométralement, on ne peut pas s'en servir pour le développement, alors on a le reculement ou longueur de chacune de celles tracées en plan, à partir du point R, en commençant R, 1, qu'on apporte sur la ligne de base prolongée en B, à partir de la ligne ponctuée qui s'élève du point R, et on a marqué le point 1; puis on a pris la longueur du point R au point 2 en plan, qu'on a porté sur la ligne de base de la ligne ponctuée au point 2, ainsi de suite jusqu'en 8; et on a mené les lignes ponctuées qui se dirigent au sommet du cône et qui expriment les longueurs de chaque ligne qui doivent nous donner le développement qu'on obtient en prenant la longueur de la ligne 8, R, qu'on porte sur une droite. *fig.* 8, aux points A, R; ensuite on prend en élevation la ligne 7, R, qu'on rapporte en développement en mettant cette longueur sur R et sectionnant vers le point 7; puis on prend une des divisions du cercle, qu'on porte au développement du point A pour croiser les sections et obtenir le point 7; de ce point, vous tirez la ligne 7, R, ensuite vous prenez en élevation la ligne R, 6, que vous rapportez en développe-

ment du point R, en sectionnant vers le point 6; puis du point 7 avec une division prise sur le cercle en plan, vous croisez la section pour obtenir le point 6, puis vous tirez la ligne R, 6, ainsi de suite jusqu'à 1, et vous tracez la courbe irrégulière qui est la base du cône de pente en développement.

REMARQUE SUR LES SOLIDES DE PENTES.

Il est rare que ces solides soient employés de pente, surtout les pyramides, mais on trouve très communément des vides qui affectent ces formes. En charpente, toute pièce disposée obliquement est un prisme oblique, la coupe ou base n'est pas semblable à ses côtés; dans des entrées de cave ou descente en berceau, si le mur de face qui, pour l'ordinaire, est à plomb, le berceau de pente représente le cylindre de pente; pour tirer des jours soit dans une cave ou dans un comble, on est quelquefois obligé de diriger ces jours par des ouvertures qui affectent la forme d'une pyramide de pente. Une porte conoïde, une arrière voussure, etc., affectent la forme d'un cône de pente, et les moyens d'en obtenir le tracé des épures, sont les mêmes; c'est pourquoi il m'a semblé nécessaire d'en faire la démonstration.

De la sphère (pl. X).

La figure 1re, de cette planche, est une sphère développée par zones ou bandes.

Après avoir tracé le cercle que nous considérons comme représentant la moitié de la sphère en plan, et l'autre moitié en élevation, on a divisé ce cercle en nombres pairs

et en autant de parties qu'on a jugé à propos; on a tiré pour la moitié et de chaque point de division, les rayons au point 6, l'autre moitié fut tranchée par des lignes ou bandes horizontales; on a descendu de ces bandes aux points pris sur le cercle, des incidentes jusque sur la diamétrale; de ces incidentes on en a décrit autant de demi-cercles; ensuite on a tiré une ligne du point 6, prolongée indéfiniment; puis des points des divisions de zones en commençant sur la diamétrale et passant sur le premier point, on a tiré une ligne qu'on a prolongée jusqu'à la rencontre de la ligne milieu au point *d*; ensuite on a tiré une deuxième ligne de la zone 2 à la zone 3, prolongée jusqu'à la ligne milieu; puis de la zone 3 à la zone 4 une ligne, et de la 4 à la 5, on a obtenu les points *a*, *b*, *c*; ensuite ayant posé le compas en *d*, on l'a ouvert sur la ligne de base vers le point 5, et faisant mouvoir le compas, on a décrit la partie courbe de la première bande sur laquelle on a mis les divisons qui sont sur le premier cercle; de ces divisions on a mené les petites lignes qui traversent la bande, et se dirigent vers le point *d*; ces petites lignes représentent les rayons en plan coupés par le deuxième cercle; ensuite ayant mis le compas en *c*, on l'a ouvert sur la deuxième division ou bande, et on a décrit la partie courbe qui la représente, sur laquelle on mis les divisions qui se trouvent sur le deuxième cercle ou celles qui sont sur la partie supérieure de la première bande, ce qui est toujours la même chose, et vous tirerez en dirigeant en *c*, les petites lignes qui traversent la bande, puis venant en *e*, vous ferez la même opération jusqu'en *a*, et vous aurez le huitième de la sphère développée par bandes ou zones.

La figure 2 est la sphère développée comme on développe les hémisphères des mappemondes.

Pour obtenir ce développement, on a tiré deux lignes qui se coupent à angles droits; sur ces deux lignes on a étendu par le point de division le cercle, *fig.* 1re, qui est répété par des chiffres; ensuite du point 6 où se croisent les lignes, on a décrit le cercle qui touche aux quatre points d'extension sur les deux lignes, puis on a pris la longueur de la ligne *d*, *fig.* 1re, et on l'a portée sur la figure 2, à partir du point 6 sur la ligne prolongée au point *b*; de ce point *b*, et d'un espace semblable du côté opposé, on a tracé les parties courbes, qui, se touchant au centre 6, se continuent jusque sur le cercle; ensuite on est venu prendre la longueur de la ligne *e*, *fig.* 1re, au développement de la deuxième bande, qu'on apporte sur la deuxième division de la ligne, *fig.* 2, et on a obtenu le point *c* répété de chaque côté; de ce point *c*, on a décrit la partie de cercle passant sur le deuxième point et continuée jusque sur le cercle, enfin on a pris sur *b*, *a*, *fig.* 1re, la longueur des lignes qui ont développé les bandes, et on a tracé les points *a*, 6, *fig.* 2, pour obtenir les autres parties de cercle jusque sur le dernier point.

Pour avoir les cercles dits de longitude on a mis le compas sur l'un des pôles et sur le point de la première division, et on a fait une section à droite et à gauche, qu'on a croisée comme si on voulait croiser une ligne à angles droits; des points d'intersection, on tire une ligne qui, coupant la méridienne ou ligne milieu au point *a*, donne le foyer où on pose le compas pour décrire ce cercle, on porte la même ouverture du côté opposé, et on décrit l'autre partie de cercle.

Ensuite sur le point de la deuxième division, on sectionne de la même manière et on croise ces sections comme à la première opération, en portant la pointe du compas sur le pôle, et on aura une deuxième ligne qui coupera la ligne milieu au point *b;* puis en répétant de la même manière, on aura les points *c* et *d*, qui seront les foyers de chaque cercle; et en reportant la même ouverture en sens opposé, on aura le complément des cercles, et enfin le développement d'un hémisphère : observez que les divisions qui se trouvent sur les cercles de latitude sont les mêmes qu'au plan, *fig.* 1re.

La figure 3 est une partie de développement comme si on ent extrait les deux cercles du milieu de l'hémisphère développé qu'on appelle quelquefois le fuseau sphérique.

REMARQUE SUR LA SPHÈRE.

Ces différentes manières de développer la sphère sont indispensables en coupe de pierre, car le développement par zone, *fig.* 1re, est chaque rang de voussoirs d'une voûte sphérique ou niche appareillée par joints horizontaux; le développement, *fig.* 3, sont les voussoirs par joints verticaux; enfin il s'agit de tirer parti de cette pièce, le jeu des lignes sera toujours celui qu'on doit employer.

SECTION III.

DES PÉNÉTRATIONS ET RÉUNIONS DES SOLIDES.

Tout corps solide peut être pénétré par un corps d'un moindre volume.

Quand le volume est égal, il y a raccordement ou réunion des solides.

Tout raccordement ou réunion de solides suppose toujours des sections.

La figure 4 de la planche 10, est un prisme élevé sur un plan triangulaire mixtiligne; il est tronqué obliquement et est pénétré par un cône, *fig.* 6.

Après avoir tracé le triangle, comme projection horizontale, sur la partie circulaire, on a fait une division d'ordonnées et une ouverture qui doit être pénétrée au point 3; ensuite, des points de division et des angles, on a élevé les incidentes 1, 2, 3, 4 et 5, jusqu'à la section oblique du prisme, qui représente un toit; ensuite on a tracé la figure 6, qui représente une ouverture circulaire et conique, comme l'enseignent les lignes ponctuées.

Le développement du toit ou bouchure de la section oblique du prisme, s'obtient comme aux cylindres; car on doit considérer ce solide comme la sixième partie d'un cylindre qui aurait le diamètre de deux fois la longueur de l'un des côtés; puis, ayant élevé d'équerre à la ligne oblique les ordonnées 1, 2, 3, 4 et 5, on a pris en plan la longueur qu'il y a du point 1 au point opposé 1, qu'on a porté en élévation au point 1; il est à remarquer que l'angle du triangle est exprimé par cette ligne, et que, par conséquent, il donne l'angle de la bouchure; ensuite on prend en plan l'espace 2 et 2, qu'on rapporte en élévation aux points 2 et 2, on revient en plan, et on prend l'intervalle 3 et 3, qu'on rapporte en élévation aux points 3 et 3; ensuite 4 et 4 du plan, pour être porté en élévation aux points 4 et 4, et de ces points vous tracez la courbe.

Le développement, *fig.* 5, s'obtient en prolongeant la ligne de base, sur laquelle on a mis les côtés du triangle par le côté 1, ensuite le côté 2, puis la partie circulaire 3,

par les points de division du plan 1, 2, 3, 4, 5; ensuite on mène des points, de la ligne de section, *fig.* 4; les lignes ponctuées qui rencontrent celle du développement, nous ont donné la forme des côtés du prisme triangulaire tronqué obliquement; l'ouverture s'est faite en menant les lignes de hauteur, et la largeur fut prise en plan.

La figure 7 est un parallélipipède surmonté d'une pyramide quadrangulaire, pénétrée par un cylindre; en construction c'est un bâtiment sur un plan carré, avec son comble en pavillon, ayant deux lucarnes circulaires; la figure 8 est la projection horizontale qui fut faite en traçant un carré, sur les angles duquel on a tiré deux diagonales exprimant les arêtiers, laquelle longueur d'arêtiers fut prise du centre *b* à l'angle *b*, qu'on a portée sur l'élévation, *fig.* 7; de la ligne milieu au point *b*, d'où, avec le sommet, on a tiré une ligne ponctuée qui est la longueur des arêtiers; sur le comble de l'élévation géométrale, on a formé deux lucarnes, la forme circulaire marquée *a*, et celle de la pénétration, qui, après avoir traversé horizontalement la pyramide, fut projetée en plan aux lettres *a*, *a*; on a obtenu cette projection en traçant la forme circulaire *a*, qu'on a divisée en quatre parties égales; comme en l'élévation de chaque point on a mené une ligne qui, rencontrant les autres lignes prises sur la partie oblique, ou côté de la pyramide, a tracé en plan une petite ellipse, ce qui exprime, pour la partie supérieure, des nolets circulaires couchés sur un comble droit, il faut se rappeler que c'est encore une section cylindrique, l'obliquité du toit en est la ligne oblique.

La figure 16 est le développement qu'on obtient de deux manières : celle la plus usitée parmi les charpentiers, est

de tracer sur une ligne représentant un des côtés, et à angle droit, une ligne ponctuée, telles sont 1, 2, 3, 4, en prenant l'un des côtés de la pyramide du sommet à sa base, *fig.* 7, qu'on porte sur cette ligne, *fig.* 16; puis, prendre en plan, *fig.* 8, la moitié de l'un des côtés qu'on rapporte sur la ligne, *fig.* 16, aux points *b, b;* de ces points, et de la hauteur de la ligne ponctuée B, on tire les diagonales qui représentent les arêtiers, et qui doivent avoir la longueur de la ligne ponctuée, *fig.* 7; ensuite, du pied de l'un de ces arêtiers, avec une longueur qui est une demi-largeur du plan, *fig.* 8, vous faites une section indéfinie, puis vous prenez la longueur de la ligne ponctuée, ou côté de la pyramide, que vous portez du sommet à la section, et de ce point vous tirez, avec l'angle formant le pied de l'arêtier, une ligne que vous prolongez au-delà de la ligne milieu; sur cette ligne vous mettez l'autre demi-largeur du plan, et vous répétez quatre fois l'opération; mais aux points 1 et 1 il restera une ouverture qui doit se joindre quand le développement est découpé et mis en élévation. L'autre manière se fait en prenant la longueur de la ligne ponctuée *a, b, fig.* 7; puis, posant l'extrémité de cette longueur sur un point, vous décrivez une partie de cercle, sur laquelle vous mettez les quatre côtés du plan, puis vous tirez des lignes du centre aux points et d'un point à l'autre, et vous aurez le développement que les charpentiers appellent herses.

La figure 9 est un prisme surmonté d'une pyramide triangulaire équilatérale; on a supposé qu'un bâtiment avait un biais de 60 degrés, et que sur l'angle aigu on avait dessein de placer un escalier qui doit conduire jusqu'au comble, et qu'on ne pouvait y parvenir qu'en

faisant un petit comble pour former la cage de l'escalier; on trace le biais, *fig.* 11, qui est un triangle équilatéral, les lignes angulaires expriment les arêtiers en plan ; ensuite on a élevé le prisme et la pyramide par les moyens dont on a déjà parlé, mais la difficulté est dans la figure 9; qu'on suppose que l'angle du bâtiment soit coupé sur la ligne *a*, *c*, du plan, *fig.* 11, et que cette section soit disposée circulairement; que c'est dans sa courbure que doit être placé l'escalier; alors on demande quelle forme doit avoir la courbe sur l'un des côtés du triangle ; la ligne courbe ponctuée fut divisée en cinq parties, aux points 1, 2, 3, 4 et 5; ces lignes ponctuées étant descendues sur le plan, on les a tirées parallèles à la ligne *a*, *e*; ensuite, de l'extrémité de ces lignes et sur le côté du triangle *a*, *b*, on a élevé d'autres lignes, et, des points 1, 2, 3, 4, sur la courbe ponctuée en élévation, on a mené des lignes horizontales indéfinies; ces lignes horizontales, rencontrant les verticales qui s'élèvent du plan sur les points 1, 2, 3, 4, les coupent à angle droit, et, de ces intersections, fut formée la courbe pleine sur les points 1, 2, 3, 4; pour avoir la courbe de l'un des côtés, on a pris les points 1, 2, 3, 4, sur le côté du plan; puis, les ayant mis sur la ligne horizontale, *fig.* 12, on a élevé autant de lignes qui, rencontrant les lignes horizontales indéfinies, les ont coupées aux points 1, 2, 3, 4, 5, ce qui a donné la courbure elliptique qu'on a tracée par le procédé de l'ovale fixe (1).

Le développement, *fig.* 10, se fait comme les précé-

(1) Cette figure n'étant pas très-régulière, je prie le lecteur de s'en rapporter au texte.

dentes, en prenant par les côtés de la pyramide; décrire une partie de cercle, et mettre sur cette partie de cercle les trois côtés du triangle ou plan, *fig.* 11. La figure 13 est encore une pyramide triangulaire équilatérale, élevée sur un prisme; mais l'une et l'autre sont pénétrées par des corps cylindriques; les dispositions des lignes, les chiffres et les lettres enseignent assez intelligiblement l'effet qu'ils doivent produire; de plus, ces dispositions ne sont que pour donner des idées d'élévation géométrale; le développement s'obtient comme aux figures précédentes.

PLANCHE XI.

La figure 1re de cette planche est un cylindre surmonté d'un cône qui, ne s'élevant pas aussi haut que le bâtiment principal, duquel il fait partie, se trouve coupé par une section hyperbolique; le cylindre est pénétré par une ouverture circulaire ou un cylindre de moindre dimension.

La figure 3 est la projection horizontale qui fut tracée comme au cône tronqué; la figure 4 est l'hyperbole obtenue comme il a été démontré aux sections coniques; les figures 5 et 6 sont les développements des cylindres et des cônes.

La figure 8 suppose un bâtiment auquel on a réuni un cylindre surmonté d'un cône qui, par sa disposition avec le comble du bâtiment, se trouve avoir une section parabolique; le cône est pénétré par un pentagone irrégulier qui forme la lucarne; le cylindre est pénétré par un cône; il ne diffère du précédent que par la section conique et la forme de ses pénétrations; les moyens à employer pour les sections et les développements étant les mêmes qu'aux sections coniques, nous n'en dirons pas davantage; d'ail-

leurs, les lignes et les chiffres correspondants doivent faciliter l'intelligence.

Planche XII.

La figure 1re de cette planche est un prisme exagonal surmonté d'une sphéroïde; on a supposé que dans un comble ordinaire on voulait établir une cage d'escalier; que cet escalier ne pouvait recevoir des jours que par le toit, au moyen de lunettes pratiquées dans des parties de la sphéroïde, et symétriquement disposées; ici nous n'en avons fait paraître qu'une; nous supposons également que cet escalier doit être de première valeur, et qu'on doit disposer la cage le plus convenablement possible, pour répondre à la magnificence du lieu; pour opérer, on a tracé le plan de projection, *fig.* 2, qui est un exagone régulier, sur les angles duquel on a élevé les incidentes qui donnent les angles en élévation; à une hauteur convenable on a fait paraître une petite corniche pour recevoir la partie inférieure de la sphéroïde qu'on a tracée en fixant une hauteur, pour être en rapport avec le toit du bâtiment; la courbure étant tracée, on l'a divisée en autant de parties qu'on juge convenable; ici elle est en quatre parties, lesquelles divisions étant faites, on les a traversées horizontalement, puis on les a descendues jusque sur le plan et sur la ligne diamétrale qui exprime les arêtiers; ensuite on a retourné ces lignes parallèlement au côté de l'exagone, pour être arrêtées sur l'autre arêtier, où étant, on les a élevées pour être arrêtées sur les horizontales en élévation aux points *a*, *b*, *c*, *d*, etc.; ces points ont produit la courbe d'un arêtier, vue obliquement en élévation; ensuite, pour tracer les ouvertures ou pénétrations, on a

disposé au-dessus du toit une ligne d'équerre à la partie de la tour qui doit être pénétrée, sur laquelle ligne on a croisé à angle droit, une ligne qui est la ligne milieu du cylindre qu'on a exprimé par un cercle, qu'on a divisé en huit parties égales; le même cylindre fut descendu en plan, *fig.* 2, où étant disposé d'équerre au côté de l'exagone, on a divisé, tiré et prolongé les lignes indéfinies; puis, pour avoir l'ouverture projettée au plan, on a descendu, du dessous de la courbure en élévation, *fig.* 1re, les points de division qui y sont arrêtés; ces points furent descendus jusque sur l'arêtier en face, où étant, on les a retournés parallèlement au côté de l'exagone, et où ils ont rencontré les lignes du cylindre ; elles forment l'ouverture projetée; et pour l'avoir en élévation, on a mené les divisions du cylindre horizontalement, puis on a pris, à partir de la ligne diamétrale dudit cylindre, sur chaque ordonnée, les intervalles qu'on a portés sur les lignes horizontales, et des points on a formé l'ouverture vue géométralement; ensuite, pour procéder au développement, on a, *fig.* 2, tracé une ligne milieu qu'on a prolongée indéfiniment; sur cette ligne milieu, et du point milieu au côté de l'exagone, on a élevé les petites lignes qui s'y trouvent, de même que le milieu, sur ces lignes, et à partir de la ligne milien considérée comme base, on a mis les hauteurs de chaque ligne de division prises sur la ligne sous-tendante en élévation, qu'on a reportées sur les correspondantes aux points répétés, et on a obtenu la courbe qui se termine en *g;* ensuite, des points de cette courbe, on en a fait l'extension sur la ligne milieu, dans le même ordre que sont les lettres; puis, de ces points, on a tiré des petites lignes qui furent croisées par les mêmes, au plan,

prises sur les arêtiers, ce qui a donné la galbure des côtés du développement.

La figure 3 est une voûte sphérique ou niche, pénétrée par un cône : d'abord on a tracé la projection, *fig.* 4, qu'on a divisée et élevée; de ces points arrêtés sur une horizontale, on a tracé l'élévation, ensuite on a disposé le cône dans une direction reconnue convenable; ici il est concentrique; puis, du cercle, *fig.* 9, qui lui sert de base, on a divisé et abaissé des lignes qu'on a terminées en pointe à un foyer commun en F; ensuite, des points qui ont formé la pénétration A, R, on a descendu le même point R, au plan R; ainsi, des autres lignes qui croisent avec celles *q, c, o, b, f* du plan, forment, avec celle de l'élévation, la projection en plan de la pénétration R.

La figure 5 est une répétition des cercles qui composent la niche, et les divisions sont faites pour avoir les points H, *f, d*; pour tracer le développement, *fig.* 6, qui n'est qu'un 1/3 de la niche développée, et pour rappeler que ce sont les mêmes moyens qu'on a employés dans le développement de la sphère, on a doublé l'opération qui peut servir de 1/3 de développement.

Planche XIII.

La figure 1re de cette planche est une tour dont la partie inférieure est en talus jusqu'au 1er cordon; ensuite elle est élevée aplomb jusqu'au comble, cette partie inférieure est conique, la partie supérieure est cylindrique, le comble est un cône, la pénétration de la partie inférieure est cylindrique, biaise ou excentrique, et la pénétration supérieure est conique concentrique et de pente.

OPÉRATION.

Après avoir tracé les cercles de projection A, B, on a élevé ces cercles sur la diamétrale, pour en faire l'élévation, dont on fixe les hauteurs qu'on croit nécessaires; ensuite on dispose les ouvertures ou pénétrations, de manière qu'elles soient en rapport avec le besoin du local.

La figure 5, qui est une porte circulaire, étant disposée, on fait des divisions sur le cercle; on mène de ces divisions des lignes horizontales, jusqu'alors indéfinies, sur la partie en talus ou conique, de l'élévation géométrale, *fig.* 1re; puis on descend, des mêmes divisions, d'autres lignes jusque sur une horizontale qu'on trace dans la direction de l'ouverture en plan, où étant, on pose le compas sur la ligne horizontale; et, des lignes descendues, on trace des quarts de cercles pour les retourner d'équerre, puis on les prolonge jusque sur le cercle A, 1re projection, parallèlement à la ligne diamétrale; des points 1, 3, 1, sur le cercle A, on a élevé des lignes sur la ligne horizontale, lesquelles lignes on a conduites parallèlement au talus en élévation, et où ces lignes ont rencontré les lignes indéfinies 1, 2, 3 du cercle, *fig.* 5; ensuite on a descendu les points 1, 2 et 3 de l'ouverture géométrale, jusque sur la ligne de base ou diamétrale, où étant, on a posé la pointe du compas au centre *e*, et l'autre pointe sur les lignes descendues, en commençant sur la ligne marquée 1, on décrit la petite courbe jusque sur la ligne 1, marquée sur le cercle, et on a le point 1, ensuite la ligne 2; mener la courbe 2 jusque sur la ligne 2 en plan, puis la ligne 3 sur la ligne milieu 3, et on aura la forme que projette l'ouverture circulaire aux points

1, 1, 2, 2 et 3, qu'on pourra développer en prolongeant les lignes hors du plan, puis on prendra les intervalles des points de division sur le cercle formant la figure 5, en commençant par la ligne milieu, et on rapportera ces mêmes intervalles sur une ligne milieu qui, croisant avec celles prolongées hors du plan, formeront la sinueuse, *fig.* 6.

Cette opération terminée, on procèdera à la pénétration conique, on tracera un cône, *fig.* 7, dont le diamètre et l'obliquité sont pris au besoin; puis, l'ayant dirigé au centre, il rencontre la face extérieure du cylindre, ou la partie extérieure de la tour, aux points 1, 2, 3, 4, 5, desquels points on a tiré des lignes jusqu'au milieu, puisque la pénétration était au milieu; ensuite on a projeté le cône en plan sur le cercle B, en prenant du milieu du cône, c'est-à-dire sur la ligne diamétrale aux points 1, 2, 3, 4, 5, et à la ligne milieu, *fig.* 1 et 7, en commençant par 1 qu'on a rapporté en plan, *fig.* 2, du centre *c* pour former le point 1, ensuite du point 2, *fig.* 7, à la ligne milieu, *fig.* 1ᵉ, qu'on a rapportée du centre *c*, pour avoir la petite ligne marquée 2, ensuite le point 3, *fig.* 7, du milieu 1, qu'on a rapporté du centre *c*, *fig.* 2, pour avoir la ligne 3, ainsi de suite jusqu'à 5; puis, prenant de la ligne diamétrale, *fig.* 7, la petite ligne marquée 2, on l'a rapportée en plan, *fig.* 2, pour fixer la longueur de la petite ligne marquée 2; ensuite on a pris la longueur de la ligne 3, *fig.* 7, qu'on a rapportée en plan, *fig.* 2, pour former la longueur de la ligne 3, ainsi des autres qui ont formé la base du cône, *fig.* 2; en tirant des lignes au point *c*, ces lignes, rencontrant le cercle B, représentent la partie ou plan extérieur de la tour; on a élevé sur cha-

cune d'elles les incidentes qui rencontrent en élévation celles sortant des points 1, 2, 3, 4, 5; on a tracé cette espèce d'ellipse cottée 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4 et 5; le développement, *fig.* 3, est fait en étendant la quantité de divisions qui sont sur le cercle, en tirer des lignes et rapporter sur elles différentes hauteurs qui nous donnent l'ouverture ou pénétration.

La figure 4 est le comble développé, c'est un cône, *voyez* le développement d'un cône.

REMARQUE SUR LES PÉNÉTRATIONS.

Nous avons déjà dit que les différentes ouvertures devaient être considérées comme des pénétrations ou sections; c'est pourquoi j'ai jugé nécessaire de donner des détails sur les pénétrations, afin de faire savoir où on doit rencontrer telle ou telle difficulté. C'est dans cet exposé qu'on peut juger de ce qu'on doit entendre, et à quoi sont applicables les sections pyramidales, cylindriques, coniques et sphériques; car, comme nous l'avons dit, les ouvriers n'étant pas familiarisés avec ces sortes d'expressions, ne croient pas qu'elles soient de leur art; mais ils verront dans les pénétrations tout ce qui peut se présenter d'obstacles en construction, et le jeu des lignes qu'on doit employer pour le tracé des épures, en observant que nous ne présenterons qu'une ligne au lieu de quatre, qui doivent déterminer la forme des pièces à couper sur les épures; c'est pourquoi nous les renverrons, les charpentiers et les menuisiers à la coupe des bois, et les tailleurs de pierre à la coupe des pierres.

SECTION IV.

DE LA LEVÉE PARTICULIÈRE DES PLANS.

PLANCHE XIV.

Nous avons dit à l'article des parallélogrammes irréguliers que nous donnerions une description de ces surfaces, qui sont indispensables en construction, surtout pour les tailleurs de pierre et les charpentiers; comme les surfaces rectangles ne présentent pas de difficultés pour les dispositions des pierres angulaires et pièces de comble, nous n'exposerons ici que les surfaces irrégulières rectilignes et mixtilignes. La figure 1re de cette planche est un trapézoïde sur lequel des murs sont élevés; il s'agit de rendre exactement cette figure. Les tailleurs de pierre pourraient se contenter des angles, pour les pierres angulaires qui sont les seules qui présentent des difficultés; aussi ils peuvent réduire cette figure aussi petite qu'ils voudront, et obtenir le même résultat, par la similitude des triangles; par exemple, le bâtiment à élever doit avoir sur une face 20 mètres, sur une autre 15 mètres, sur une autre 12 mètres, et sur l'autre 10; ils peuvent, ayant relevé un des angles, faire une petite épure et représenter les mètres par des décimètres ou des centimètres : les angles ne changeant pas, on aura toujours le même degré d'obliquité.

Mais il n'en est pas de même en charpente; pour le tracé des pièces de comble, il faut le plan le plus exact, afin d'arriver juste, et si les murs étaient élevés, s'assurer s'ils sont de niveau; bien des ouvriers exigent pour ces opérations, une multitude d'instruments composés, tels

que grande règle, grand niveau, équerre, faux équerre, plomb, cordeaux, etc., etc.; mais tout cet attirail, en partie inutile, augmente les dépenses par une perte de temps, et souvent une incertitude d'opération; car il faut, pour un niveau à règle, deux hommes pour tenir la règle, sur laquelle un troisième pose un niveau ou balance un plomb, sans savoir si le niveau est juste ou la règle droite. On peut faire l'opération plus juste, partant plus certaine et plus prompte, en fixant contre le mur, *fig.* 1re, une pointe ou clou *a*; de cette pointe plomber un point *b*, et vous assurant qu'ils sont bien aplomb, prenez une règle, on n'exige pas qu'elle soit droite, car elle est pour représenter un compas, vous buttez un des bouts de la règle en *a*, et avec l'autre bout vous tracez une partie de cercle sur la face du mur, ensuite buttez la règle en *b*, et vous croiserez la partie circulaire déjà tracée, puis dirigez-vous de l'autre côté, et vous ferez la même opération qui vous donnera deux intersections; si vous êtes seul piquez votre compas en le passant par la boucle qu'on a l'habitude de faire au bout du cordeau, frottez-le de blanc ou de noir, bandez-le fortement et prolongez-le sur l'autre intersection, buttez-le, et vous aurez une ligne de niveau, si les deux points *a* et *b* sont aplomb; c'est ce qu'en géométrie on dit croiser ou couper une ligne à angle droit; il faut remarquer que si le mur était long, il faudrait vérifier son niveau par les sections, attendu que le cordeau peut ployer, et la ligne n'étant plus droite, il en résulterait une opération inexacte.

Après s'être assuré si les murs sont de niveau, on relèvera les angles, en mettant sur l'un le bout d'une règle en G, on marquera sur le mur les points B et A, répétés

sur la règle au point B, puis vous mettrez la règle de A en B, comme grand côté d'un triangle qui est isocèle, puis vous mesurerez les côtés de G en H, de H en C, de C en F, et de F en G; si le bâtiment n'est pas considérable, vous prendrez avec des règles ces longueurs, et votre opération sera finie; il s'agit d'en faire le tracé : étant arrivé sur l'endroit où vous devez faire votre épure, *fig.* 2, vous tirez une ligne G, F, vous mettez sur cette ligne la longueur de ce côté, et vous marquez le point B, qui est sur votre règle en B, puis vous piquez votre compas en G, vous buttez le bout de votre règle contre, et vous décrivez une partie de cercle vers A, ensuite vous remettez votre compas en B; et, avec le grand côté du triangle, qui serait la longueur de votre règle, comme l'indique la figure 1re, vous croisez votre partie de cercle au point A, et vous aurez l'angle B, G, A; vous prolongez la ligne G, A, jusque vers H, et vous mettez la longueur de ce côté; ensuite, du point H, vous mettez la pointe de votre compas, puis, buttant contre le bout de la règle, vous tracez une partie de cercle vers C avec la longueur de ce côté; puis, remettant le compas en F, avec la longueur de ce côté vous croisez la section C, ce qui vous donnera exactement la forme du trapézoïde; mais si le bâtiment était trop spacieux, et qu'on ne puisse tracer par ces moyens, alors, de chaque angle on ferait un triangle qu'on rapporterait de la même manière et par les mêmes moyens; l'angle C est relevé par un triangle scalène, les trois longueurs, dont deux sont marquées sur la règle *c*, *c*, *fig.* 1re, avec la règle, ont été rapportées de C en D, et de C en E, par la longueur D, E.

La figure 3 est un trapézoïde mixtiligne; après avoir,

comme à la figure 1re, mesuré les côtés droits, on a tiré des sous-tendantes ou cordes, pour avoir les parties courbes, du milieu desquelles on a élevé une perpendiculaire pour prendre la courbure ou flèche de l'arc; ces cordes, avec les côtés droits, ont représenté un rectiligne. On a pris pour faire l'opération comme aux figures 1 et 2, car on peut supposer des triangles dans chaque angle, et, mesurant les côtés, obtenir le même résultat; pour rendre les courbures semblabes, après avoir tracé le trapézoïde, tant par les sous-tendantes que par les côtés, aux points A, B, C, D, sur le milieu de chaque sous-tendante ou corde, vous croisez une ligne à angle droit, que vous prolongez jusqu'en O, puis, sur les points P, B, et P, C, vous croisez encore une autre perpendiculaire prolongée jusqu'à ce qu'elle rencontre la ligne milieu au point O; de ce point, comme centre, vous tracez les courbes A, P, B, et D, P, C, et vous avez le trapézoïde mixtiligne; enfin, toute surface peut s'obtenir par le secours des triangles; les reprises ou sous-œuvre, les étayements, les dispositions ou replacement de pièces obliques, peuvent s'obtenir par le moyen des triangles, ce qui sera plus amplement démontré aux articles charpente et menuiserie.

Planche XVI.

Cette planche est la manière de relever un terrain sur lequel on doit bâtir, afin de disposer le plan des bâtiments, et diviser ledit terrain comme l'exigent ses dispositions; mais cette opération n'est qu'approximative. Cependant, avec beaucoup de précaution, on arrive suffisamment.

Nous avons supposé qu'il n'y avait accès facile que dans la ligne de direction, où sont deux tablettes qu'on a représenté *fig.* 1 et 2; lesquelles tablettes étant fixées sur leurs pieds, au moyen d'une allidade, on a tiré tous les angles que forme le terrain, ayant soin d'appuyer l'allidade contre une aiguille, où se réunit chaque angle tiré; ensuite on a tracé la directrice dans telle direction qu'on a reconnue la plus facile, et on a planté un jalon sur cette ligne vers l'extrémité du terrain, ayant soin, avant de changer la tablette de place, de mettre un deuxième jalon aplomb du point où est l'aiguille, par le moyen d'un plomb qu'on laisse descendre, et dont la ficelle touche le bord de la tablette, et dans la direction de la ligne; puis vous changez la tablette de place, pour la porter vers le jalon, *fig.* 2, laquelle tablette étant affermie, vous dirigez la ligne de direction sur les jalons, ensuite vous relevez les angles de la même manière qu'à la première opération, *fig.* 1re, et où les lignes tirées de ces angles, couperont les premières lignes; vous mènerez les lignes qui forment le contour de la figure 2, représentant le terrain; il faut observer qu'en changeant la tablette de place, c'est-à-dire de la première à la deuxième opération, de ne pas la changer de face; par exemple,

le côté tourné vers le nord doit toujours rester de ce côté, puis, pour en avoir la quantité approximative, vous diviserez l'espace qu'il y aura d'un jalon à l'autre, c'est-à-dire ceux posés après avoir plombé le bord de la tablette, et reporté le point aplomb de l'aiguille; ici la division est de 8 mètres, vous divisez en autant de parties l'intervalle qu'il y a d'un point d'aiguille à l'autre, *fig.* 2, tels sont les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, qui feront une échelle de mètre, avec laquelle vous pourrez mesurer le terrain; il faut observer que cette opération est très-prompte, puisque en deux stations on a solution, et qu'on peut relever des points inaccessibles.

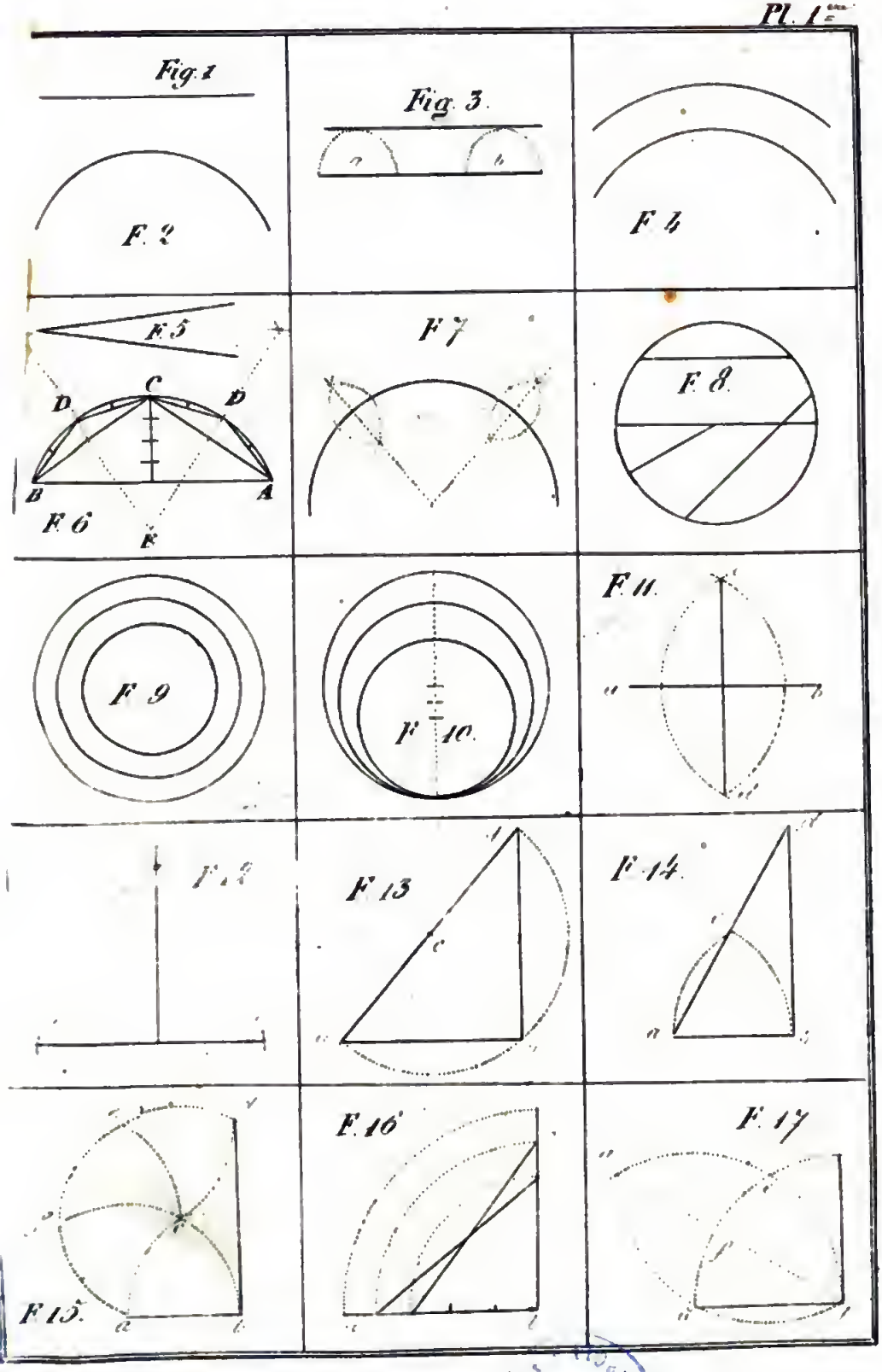
La figure 1re de la planche 16 est encore un moyen semblable au précédent, pour lever des points inaccessibles. On a supposé mesurer la largeur A, B, d'une rivière : ayant disposé la tablette en D, on a formé la directrice de l'une à l'autre tablette, comme à la planche 15, puis on a dirigé l'allidade du point D aux points A, B, puis on a porté la tablette de D en C, D, sans changer les aspects; puis, dirigeant la ligne directrice sur le jalon D, on a relevé les points A, B, qui, croisant sur les premiers, ont formé le petit intervalle A, B, sur la tablette; ensuite, mesurant l'espace de C en D sur la ligne, vous en ferez une même quantité de C en D sur la tablette, et vous aurez une échelle qui vous servira à mesurer le petit intervalle A, B sur la tablette, qui représentera l'espace A, B, sur la rivière.

La figure 2 est une manière qu'on peut employer pour mesurer approximativement; on s'en sert quelquefois pour se procurer des pièces de bois, soit pour échafaudages, soit pour jeter un pont précipité; il s'agit d'avoir

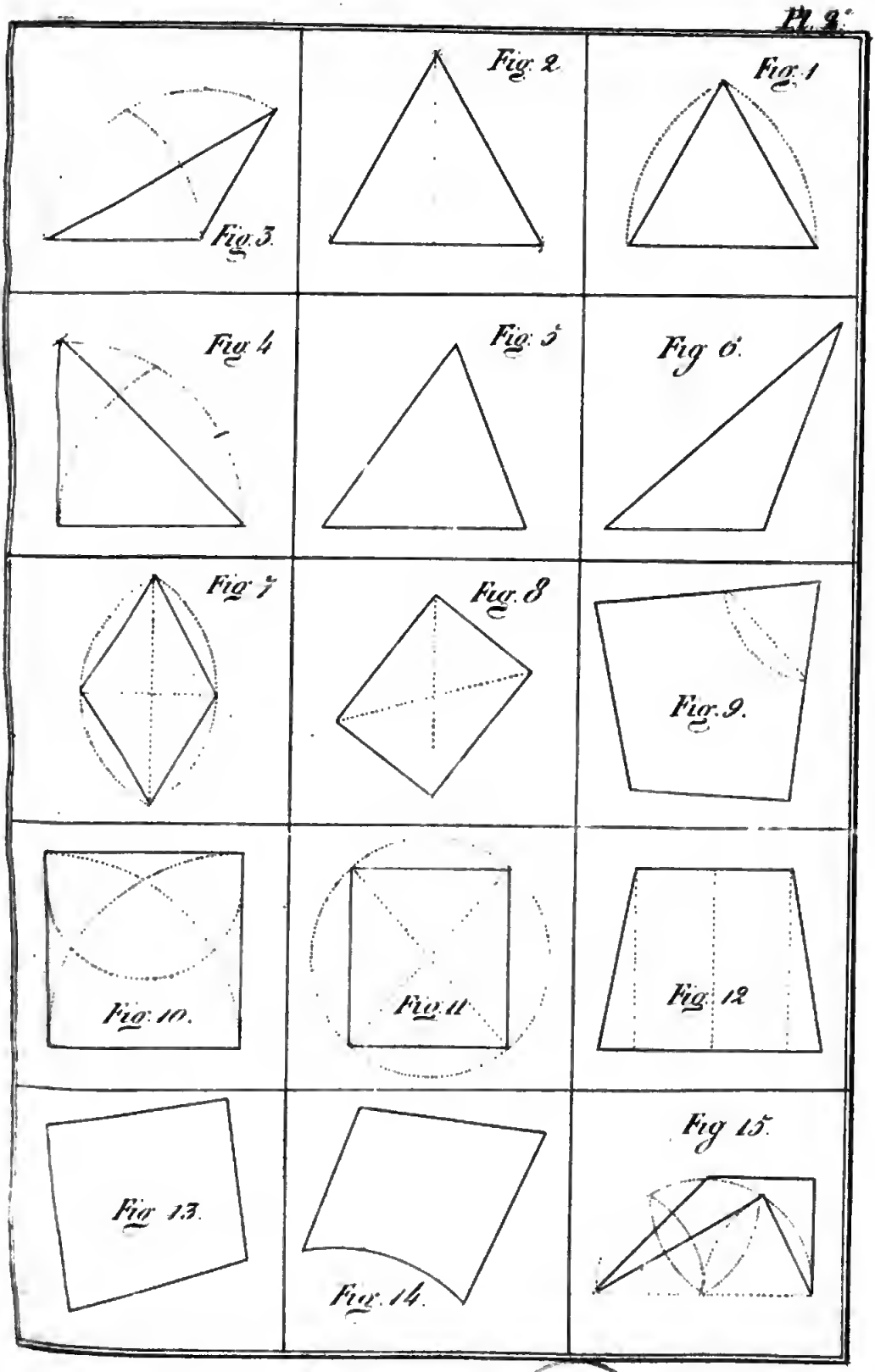
une visière à sa coiffure, ou une petite règle, pour diriger le rayon visuel vers le point inaccessible en A; puis, se maintenant dans cette attitude, reculer jusqu'à ce que le même rayon soit arrêté sur le bord accessible au point B; mesurer l'espace qu'il y a entre vos deux stations A, B, et vous aurez la largeur approximative de la rivière; on peut faire l'opération en avançant, car j'ai vu un officier du génie qui, étant chargé de cette opération, planta son épée, et dirigeant, comme il est dit, le rayon visuel, et ayant fixé le point accessible, avança jusqu'à ce que ce même rayon soit sur le point inaccessible, se retourna mesura au pas géométrique l'espace, et il ordonna le travail.

SBN 680058

Digitized by Google

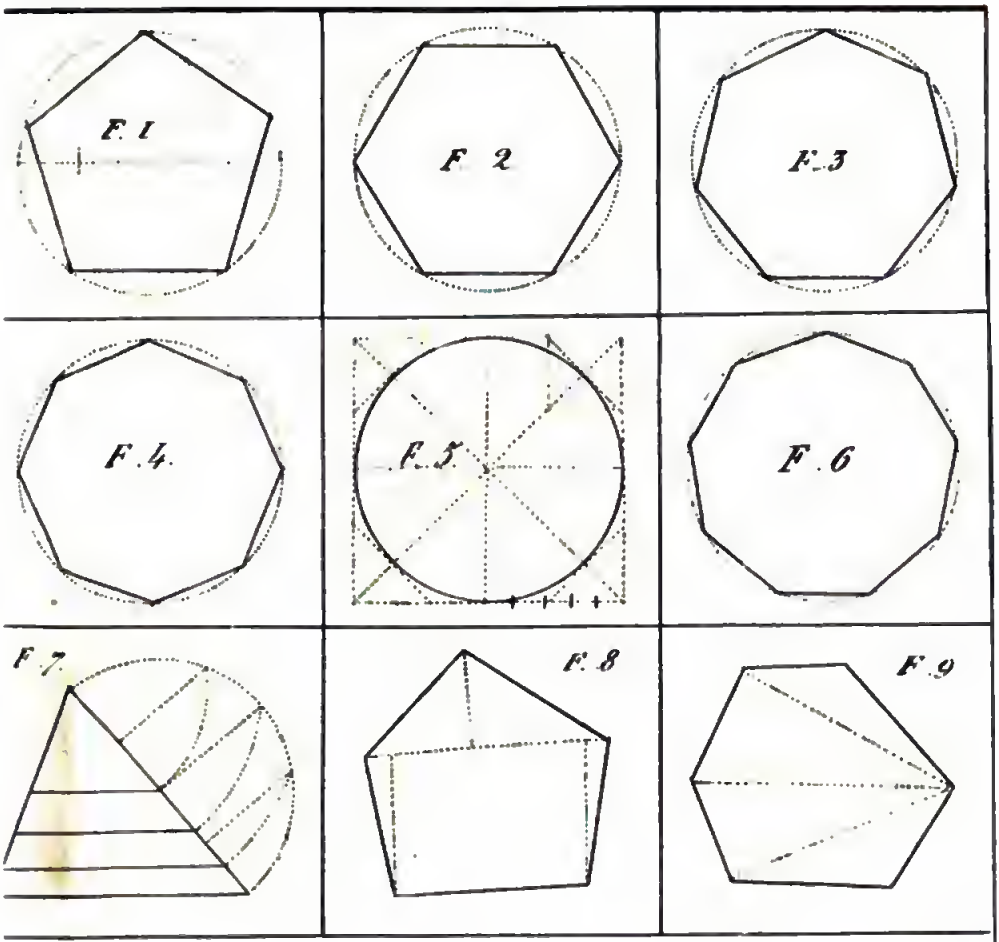


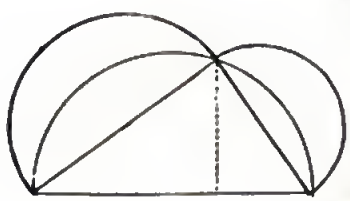
BIBLIOTECA NAZIONALE

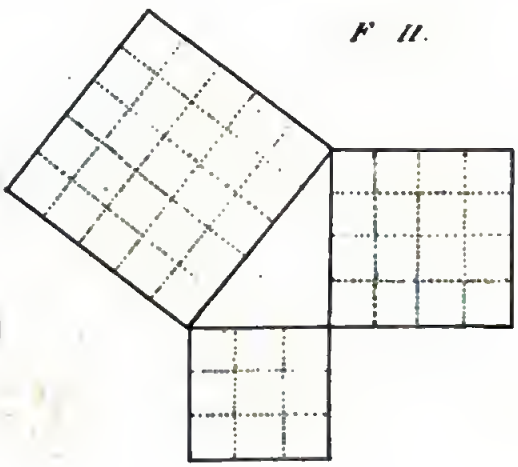


BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI

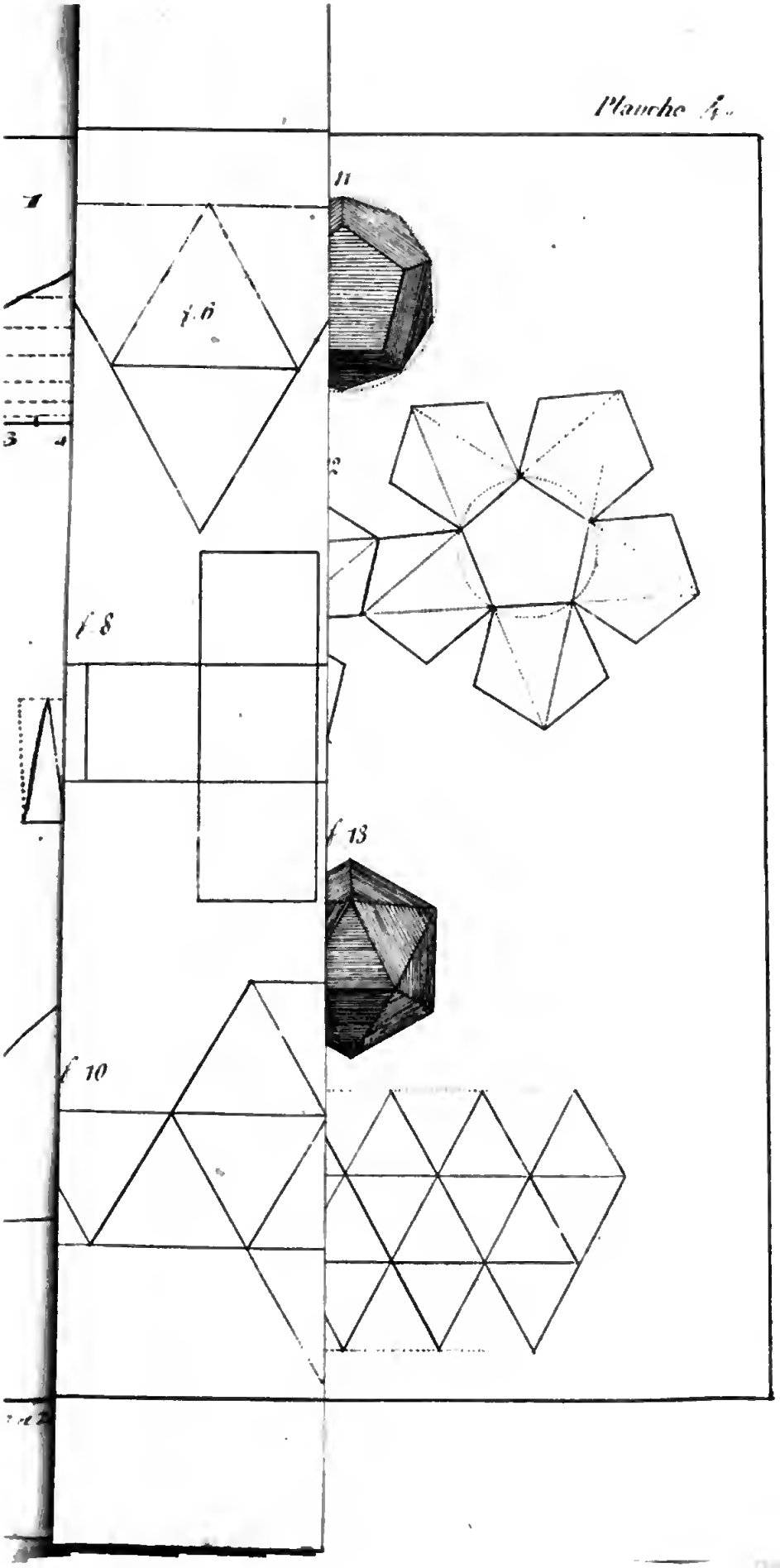
Digitized by Google





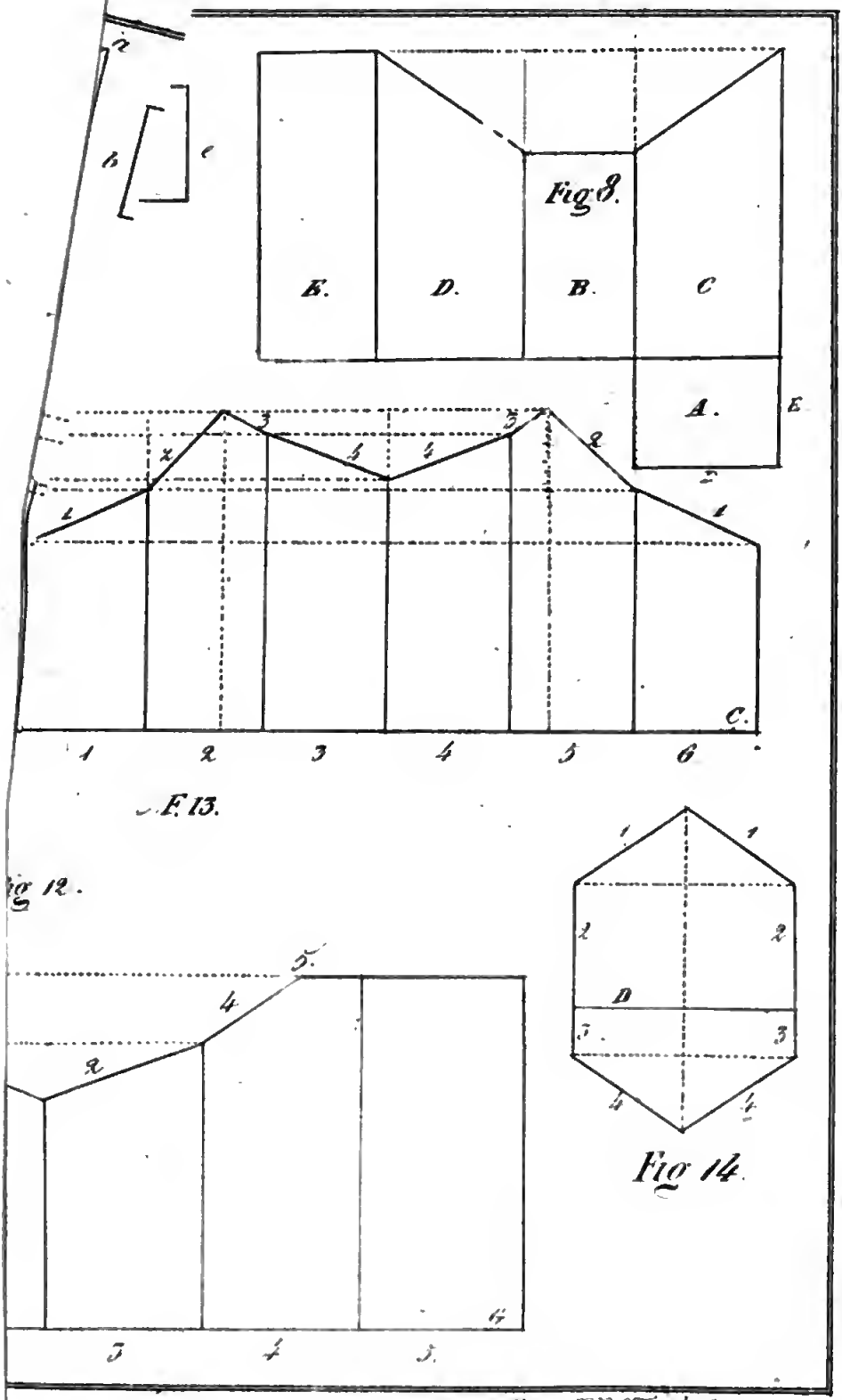


BIBLIOTECA NAZIONALE



Digitized by Google

Digitized by Google



Eug PROTOT, fecit

Digitized by Google

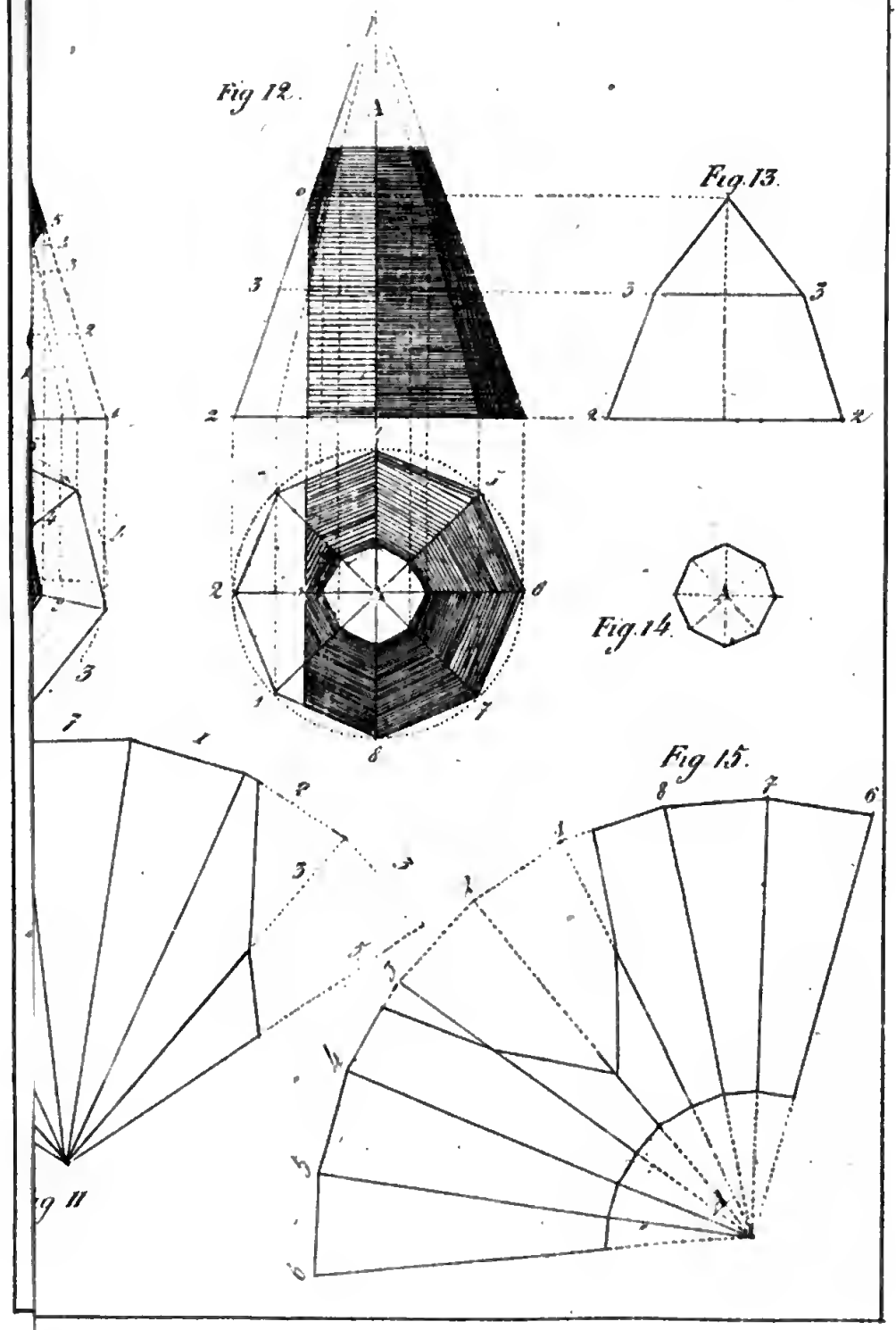


Fig 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig 15.
Fig 11

Digitized by Google

Planche 7.

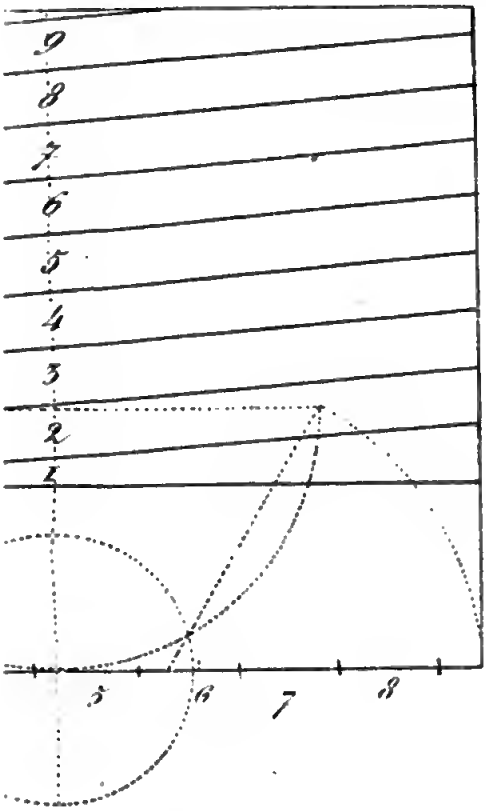


Fig. 10.

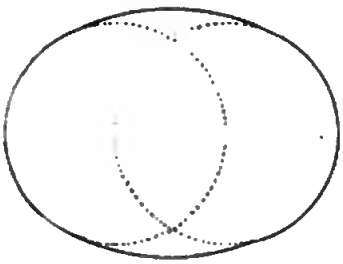


Fig. 9.

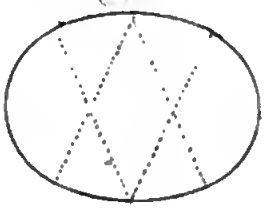


Fig. 7.

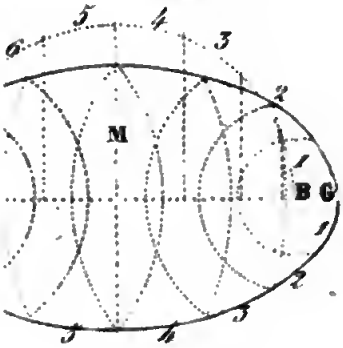
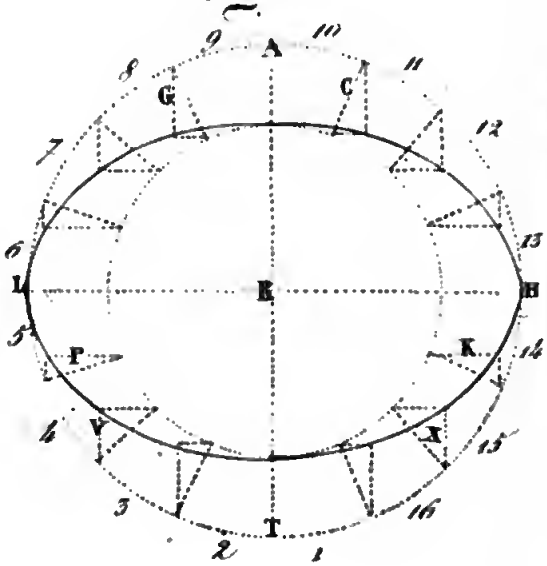


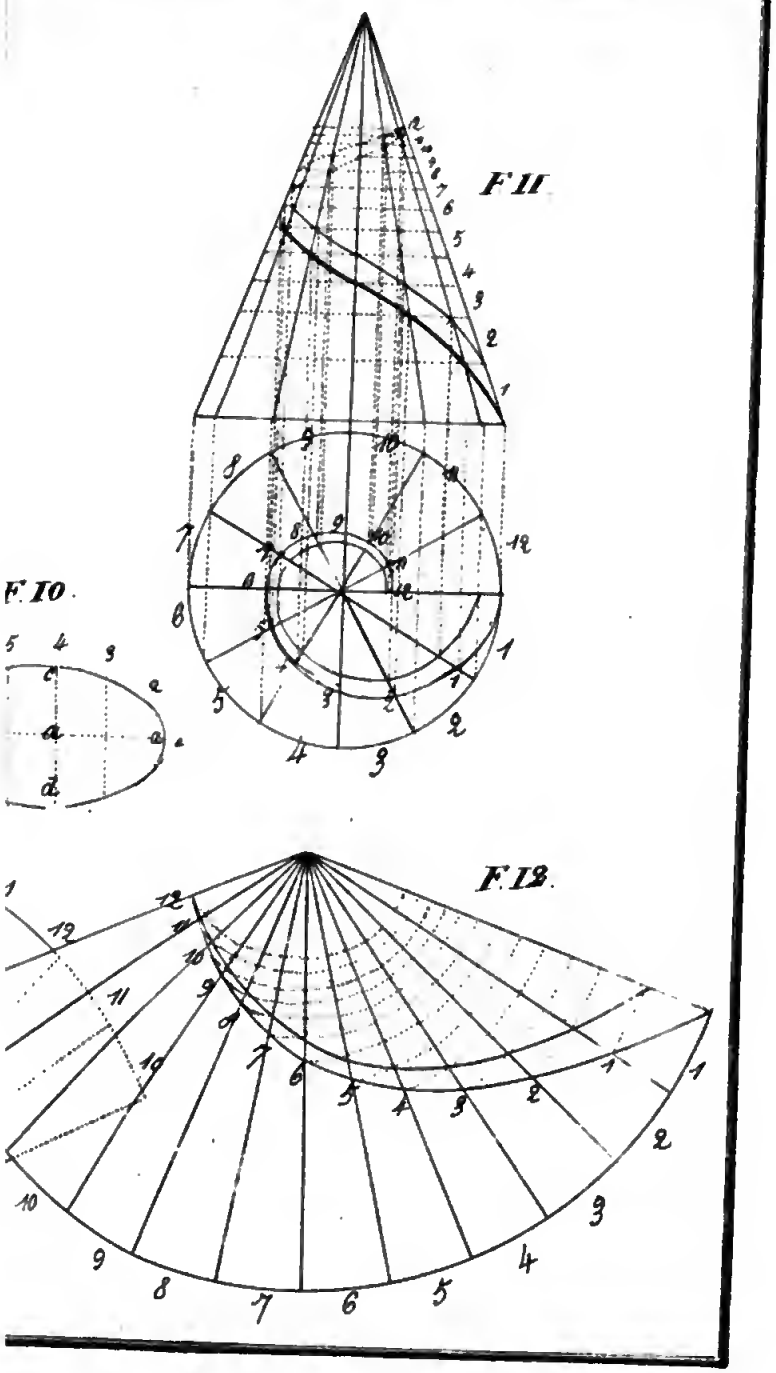
Fig. 8.



Eug. PROTOT fec.

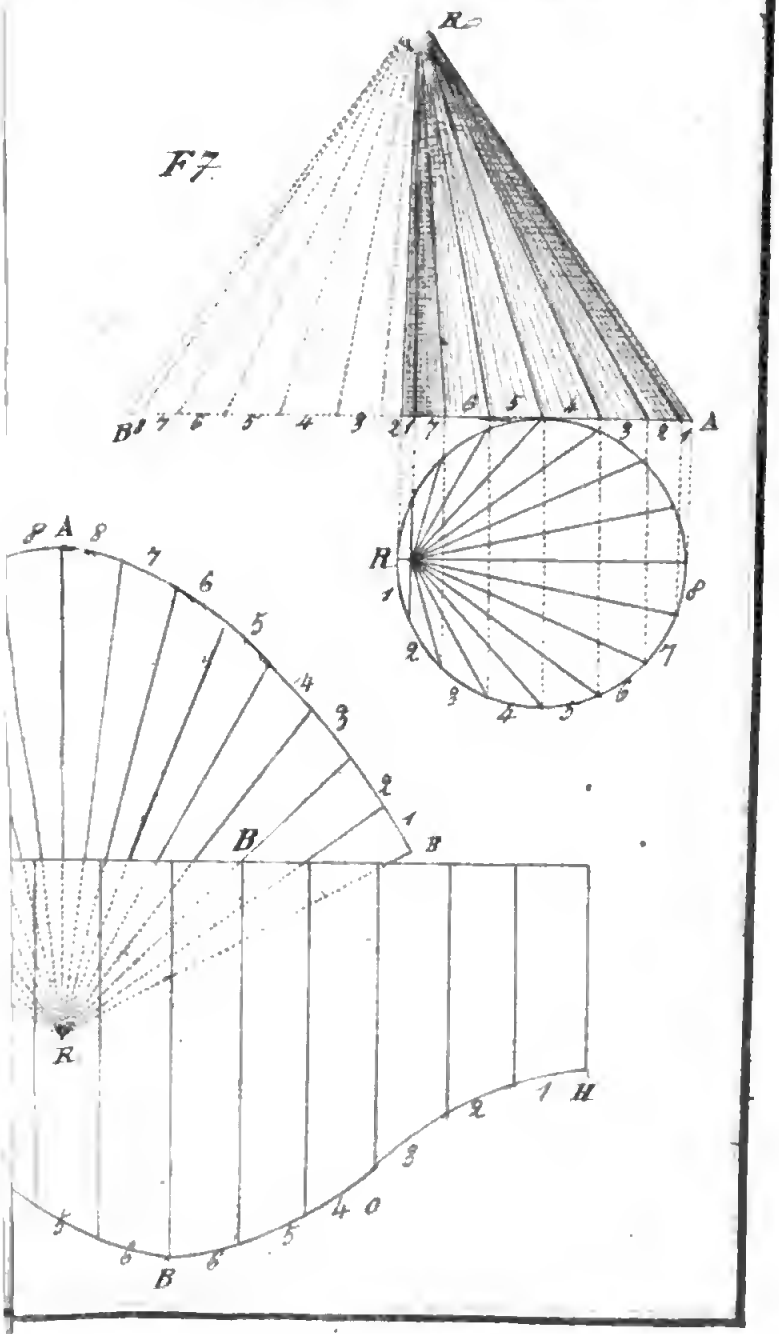
Digitized by Google

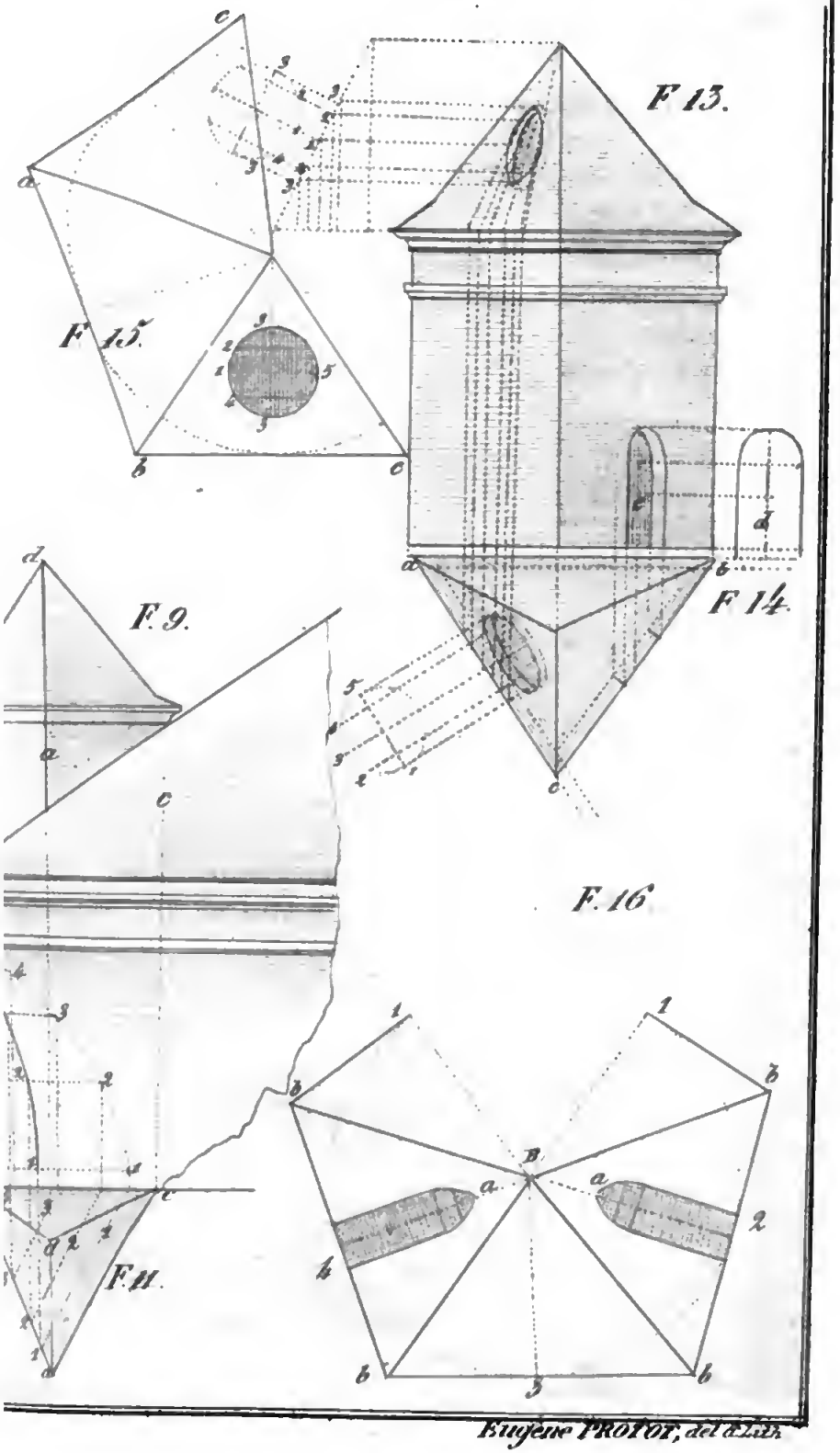
Pl. 8.



Digitized by Google

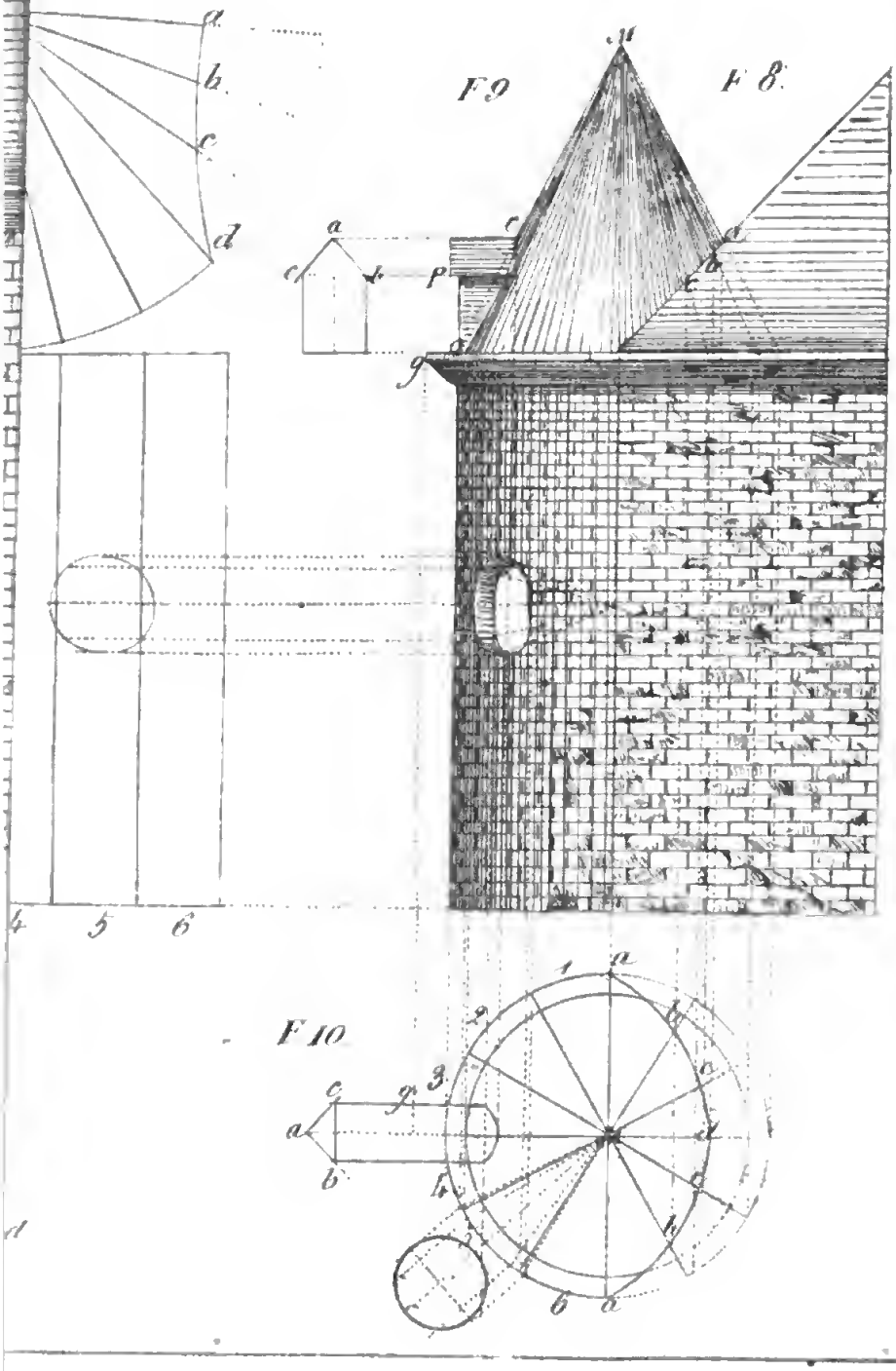
Pl 9





Eugène PROFOT, del & Lith.

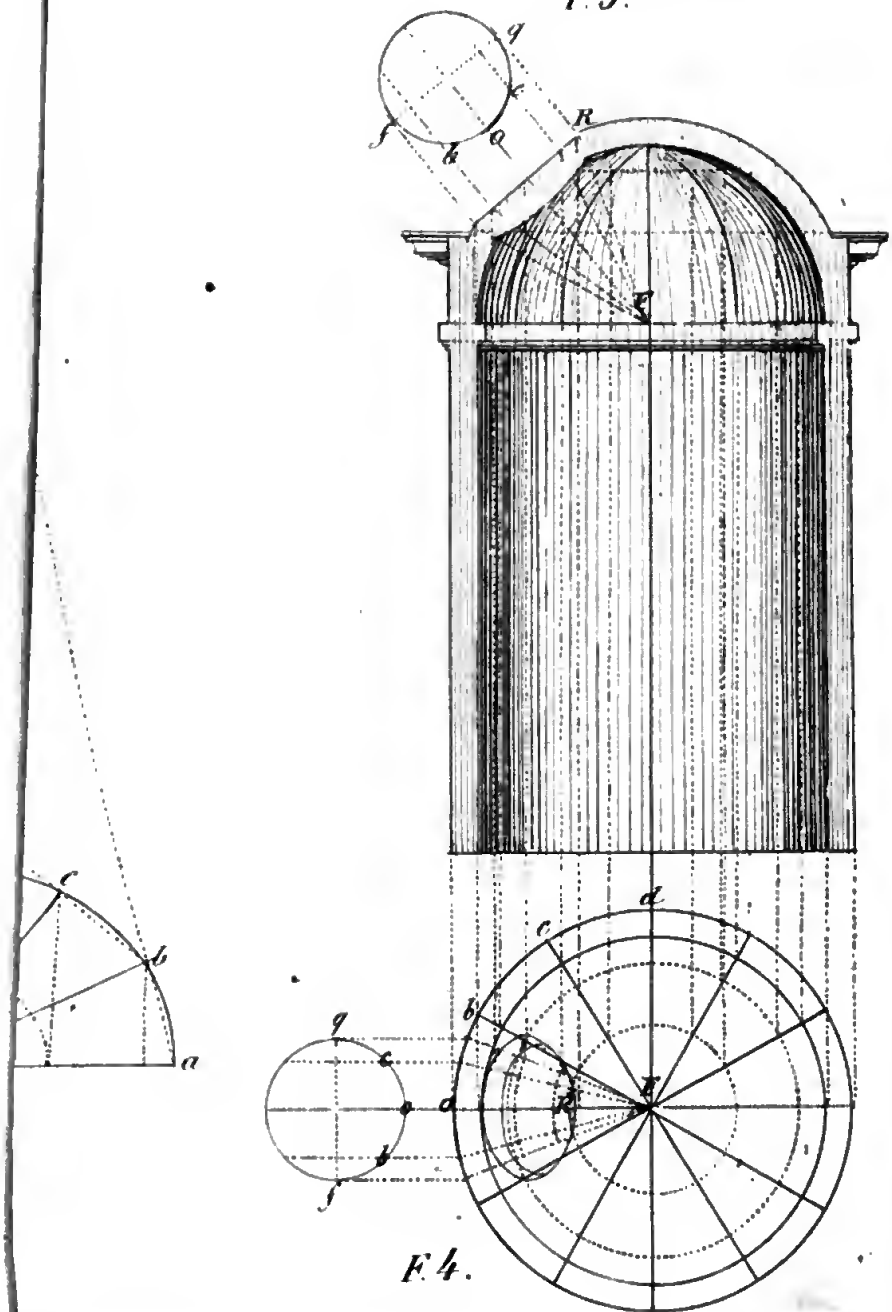
Digitized by Google



Google

Digitized by Google

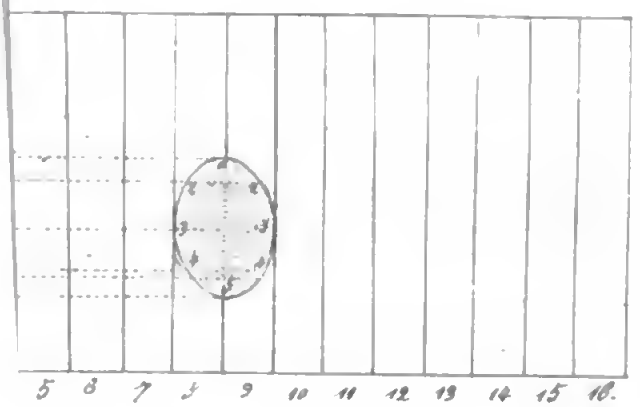
F. 3.



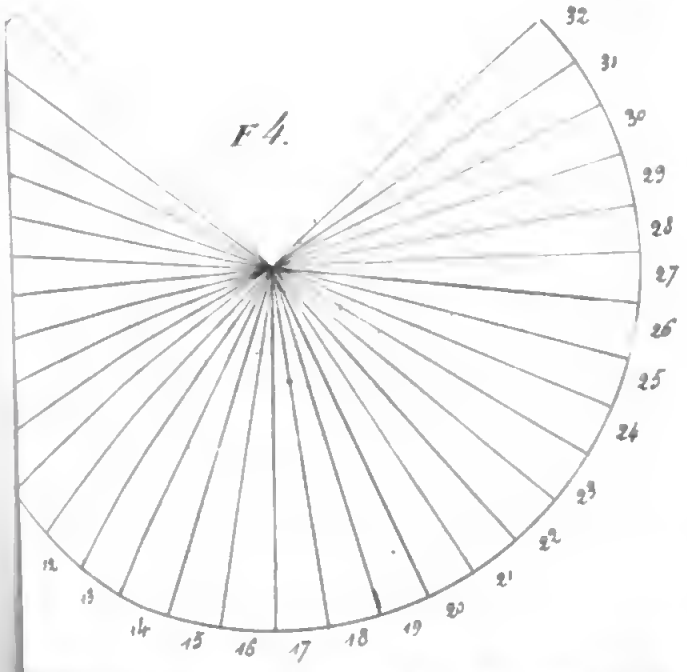
F. 4.

Pl. 15.

F. 3.


5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16.

F. 4.

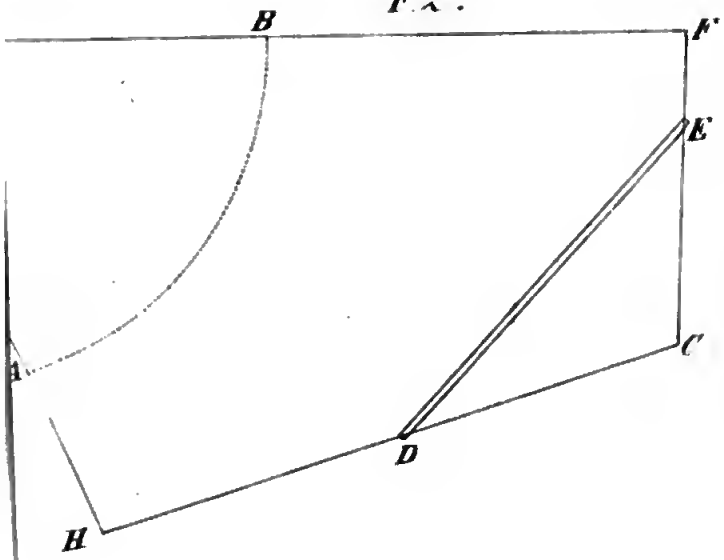

32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12

Digitized by Google

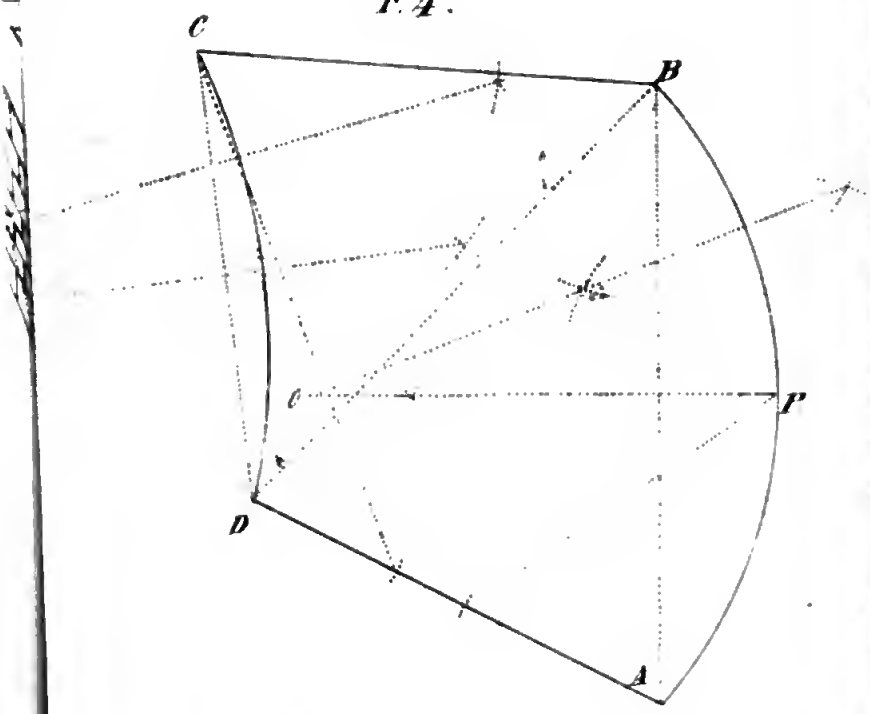
Plans.

Pl. 14.

F. 2.

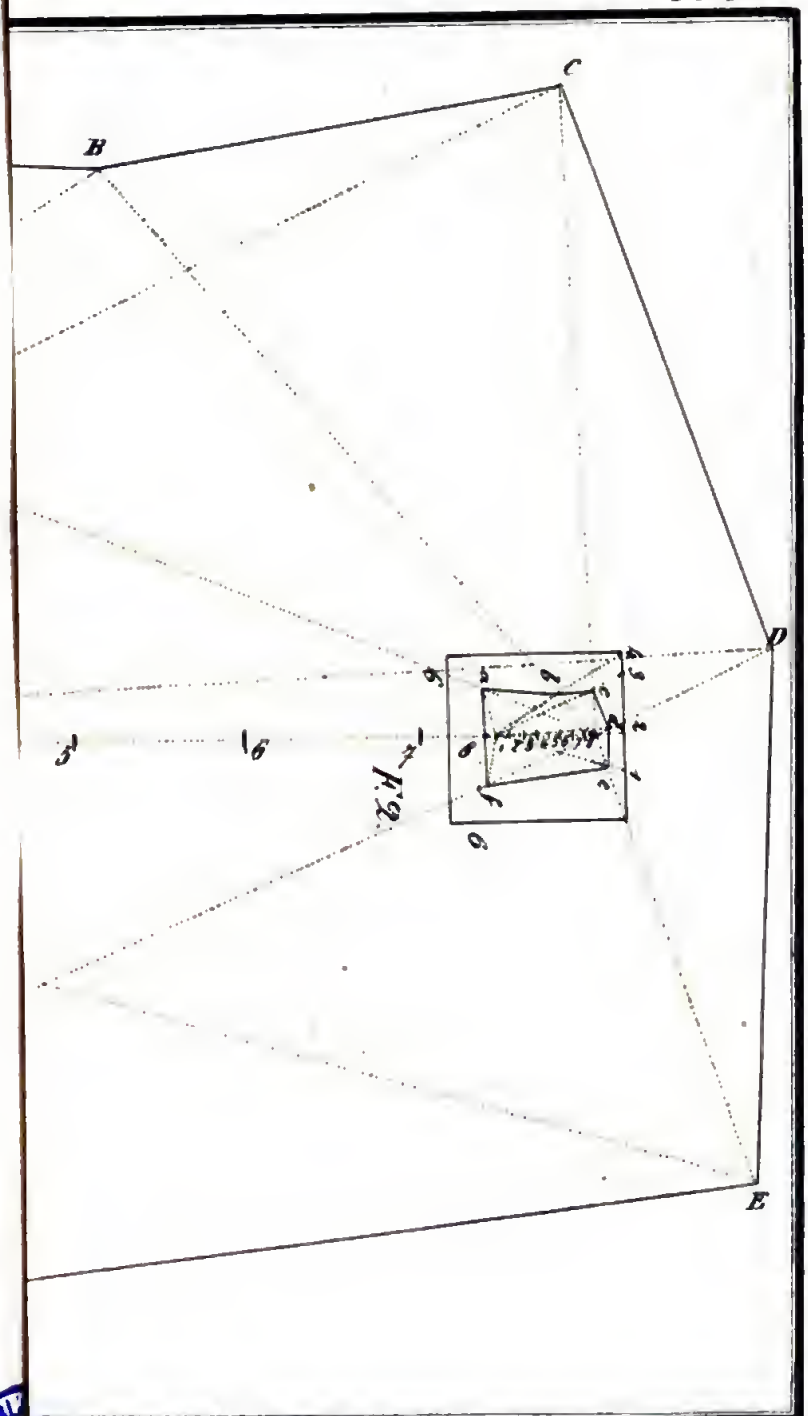


F. 4.



Plan. A.

Pl. 15.



BIBL. NAPOL.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

BIBLIOTECA